ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME VIII AVRIL 1949 NUMÉRO 30

Pierre Simon de Laplace, 1749–1827

A la suite de la publication des *Principia*, on accepta la théorie newtonienne de la gravitation avec enthousiasme en Angleterre, mais, sur le continent, l'hostilité des mathématiciens fut unanime. Ils préféraient la théorie de Descartes, qui tâchait d'expliquer le mouvement des corps célestes par une combinaison de tourbillons. C'est en premier lieu à Voltaire que l'on doit la diffusion généralisée, en France, et plus loin, de la doctrine de la gravitation. Il publia en 1738 un exposé populaire et clair des découvertes de Newton; ce petit ouvrage fut lu partout, et conduisit à l'acceptation générale de la théorie de Newton. Newton lui-même en avait développé les grandes lignes, mais il restait à prouver qu'elle pouvait rendre compte en détail du mouvement de tous les corps du système solaire. Peu de compatriotes de Newton s'y attachèrent au dix-huitième siècle; on doit ces résultats à un groupe de mathématiciens brillants du continent — Euler, Clairaut, D'Alembert, Lagrange et Laplace. Leur travail ne fut possible qu'à la suite des travaux de Leibniz et des deux Bernoulli pour développer le nouveau calcul différentiel, qui leur fournit un instrument d'analyse puissant. Le fait qu'on a négligé ces méthodes en Angleterre s'ensuit de l'éloignement entre les mathématiciens anglais et continentaux, résultant de la malheureuse querelle entre Newton et Leibniz.

L'essentiel de cette grande œuvre fut accompli par Pierre Simon de Laplace, né il y a deux cents ans, le 23 mars 1749. Il consacra sa vie, sans jamais s'en détourner, à l'application détaillée des lois de la gravitation au système solaire tout entier. Il dut élucider les effets des perturbations gravitationnelles mutuelles exercées par les planètes de la famille du soleil l'une sur l'autre, et sur le soleil. La première question à laquelle il fallait répondre était de savoir si l'effet accumulé de ces perturbations pouvait devenir assez grand pour rendre instable le système solaire. On doit des contributions importantes à ce problème à Laplace, et à son compatriote illustre, Joseph Louis Lagrange; mais Laplace donna la réponse définitive en prouvant que, quelles que soient les masses relatives des planètes, les inclinaisons et les excentricités de leurs orbites, pourvu qu'elles fussent petites à un instant donné, le resteraient toujours, pourvu que les planètes tournent toutes dans le même sens autour du soleil. Le système solaire est donc stable.

Entre Lagrange et Laplace, il y avait une différence essentielle. Lagrange s'intéressait à l'élégance et à la généralité des solutions; un problème particulier était l'occasion d'appliquer une méthode générale. Pour Laplace, au contraire, les mathématiques sont un outil qu'il modifie pour l'adapter à chaque problème particulier dans la poursuite d'un but central unique. Ce qu'il a fait dans d'autres domaines que la mécanique céleste tient à la nécessité où il s'est trouvé de forger de nouveaux outils pour traiter certains de ses problèmes.

C'est ainsi que Laplace fut amené à développer la théorie du potentiel, conception où se révèle l'inspiration du génie. Quand Laplace n'aurait trouvé que ceci, on le placerait déjà à bon droit parmi les immortels. L'introduction du potentiel est une des plus grandes étapes de la physique mathématique. Avec les coefficients de Laplace, on a une méthode puissante qui permet d'attaquer tous les problèmes physiques de mouvement des fluides, d'élasticité, de conductibilité calorifique, et d'électromagnétisme. Il s'en est développé une branche qui traite du problème mathématique important des valeurs-limites. Laplace lui-même a introduit le potentiel pour la première fois pour calculer l'attraction des sphéroïdes et les trajectoires des planètes.

Ses recherches en mathématiques pures, comme

la résolution en quadratures des équations différentielles linéaires, et sa résolution des équations aux dérivées partielles linéaires du second ordre ont eu la même origine. De même était son travail mémorable sur les fondements du calcul des probabilités, essentiel pour travailler sur des données d'observation en très grand nombre.

Les contributions de Laplace à la théorie de la gravitation en astronomie dépassent le cadre d'un exposé détaillé. Il fit plus que poser les fondations de la mécanique céleste, il bâtit presque tout l'édifice, en en laissant relativement peu à ses successeurs. Il élabora dans tous ses détails une nouvelle solution à la théorie de la lune. Il put rendre compte de l'accélération séculaire du mouvement moyen de la lune, dont l'explication théorique avait déjoué les efforts de tant d'astronomes; il développa la théorie des perturbations périodiques et séculaires des mouvements lunaires et planétaires; il rendit compte de la longue inégalité de Jupiter et de Saturne, qui se révèle par une altération lente de leurs vitesses, comme due à la commensurabilité de près de leurs vitesses moyennes; il rechercha les formes d'équilibre d'un fluide en mouvement; il développa la théorie de la forme de la Terre et il a amélioré la théorie des marées.

Il a rassemblé tous ses résultats et les a coordonnés avec ceux de ses prédécesseurs et de ses contemporains en un tout rationnel dans son grand ouvrage la *Mécanique Céleste*, qui parut en cinq volumes de 1799 à 1825. La théorie du système planétaire y est présentée avec un développement presque complet. Les écarts restants entre observations et théorie sont faibles, à côté de ceux qu'il a éliminés. Le traité est difficile à lire, à cause de la concision de l'exposé mathématique; la remarque répétée « Il est aisé à voir » ne doit pas être prise à la lettre.

Laplace fut presque aussi grand comme écrivain que comme mathématicien. Son fameux traité avait été précédé en 1796 par un exposé de vulgarisation des principaux résultats, son *Exposition du Système du Monde*. Dans cet ouvrage écrit d'une façon captivante, il n'y a ni figure, ni formule algébrique et l'exposé est clair et direct. C'est dans son dernier appendice à cet ouvrage qu'il avança sa célèbre hypothèse nébulaire sur l'origine du système solaire, ce qui l'a fait surtout connaître en dehors des milieux d'astronomes professionnels et de mathématico-physiciens. Laplace attira l'attention sur certaines caractéristiques remarquables du système solaire, dont il déduisit que le système ne pouvait avoir été créé au hasard. Il suggéra qu'il aurait pu provenir d'une nébuleuse par condensation, et il décrivit un processus par lequel elle pouvait, dans sa contraction, éjecter une série d'anneaux, qui, à leur tour, auraient pu se condenser en planètes, avec ou sans satellites. Sous cette forme, la théorie ne peut tenir, car il y a des difficultés de moment angulaire; on a essayé diverses modifications, mais il y a des objections à toutes. Il n'y a pas encore aujourd'hui de théorie satisfaisante de l'origine du système solaire. Laplace parle des détails de son hypothèse comme de « conjectures que je présente avec toute la méfiance que doit inspirer ce qui ne résulte ni du calcul ni de l'observation ». Ce n'est pas sa faute si beaucoup de ceux qui ont exposé son hypothèse de la nébuleuse l'ont prise plus au sérieux que lui.

Dans sa longue introduction non-mathématique à son autre grand ouvrage, Théorie analytique des Probabilités, il fait preuve de la même clarté de style que dans l'Exposition du Système du Monde. C'est à la qualité de sa prose qu'il dut, distinction rare chez les mathématiciens, d'être élu au nombre des quarante « immortels » de l'Académie Française.

Il y avait des éléments dans sa personnalité que nous ne pouvons admirer, mais en science, il ignorait le compromis, et proclamait ses opinions avec courage et honnêteté. Son travail a exercé une influence profonde sur le développement scientifique du dix-huitième siècle. Il jugeait son propre travail avec modestie. Ses dernières paroles auraient été « Ce que nous connaissons est peu de chose; ce que nous ignorons est immense ».

Rédacteur en chef: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Rédacteur adjoint: TREVOR I. WILLIAMS, B.A., B.Sc., D.Phil.
Pour les éditions étrangères: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1.
Prière d'adresser toute correspondance à la rédaction, 26 Dover Street, Londres, W.1.

Les particules génétiques

C. D. DARLINGTON

Un supplément précieux à l'étude des êtres organisés a été apporté ces dernières années par des recherches chimiques. La connaissance du rôle des acides nucléiques dans la formation de nouvelles protéines donne des résultats particulièrement féconds. On a fait de nombreux progrès dans l'identification des différentes particules qui déterminent le processus génétique et dans la découverte de leur importance relative.

Il est évident pour nous, quoique cela ne l'ait absolument pas été pour les pères de la biologie Darwin, Mendel et Pasteur, que la propriété par laquelle un caractère engendre un caractère semblable dans des organismes, repose sur des propriétés semblables de certaines de leurs molécules.

Ces particules déterminantes étaient déjà devenues chimiquement identifiables à l'intérieur des cellules germinatives quand Miescher, en 1871, a découvert l'acide nucléique.

Au dix-neuvième siècle il était déjà apparu clairement que la plupart des structures et toutes les modifications importantes, reconnues comme essentielles à la vie, étaient liées aux protéines. Au cours des quinze dernières années, il s'est révélé que les protéines indispensables à la croissance, c'est-à-dire à la formation de nouvelles protéines, étaient sans conteste liées aux acides nucléiques.

LE NOYAU

Les cellules contiennent, presqu'exclusivement en proportion de leur activité à produire des protéines, des acides nucléiques ou leurs précurseurs. On caractérise ces acides par leurs réactions différentielles vis-à-vis des enzymes, des colorants et des rayons ultra-violets. Les concentrations les plus fortes se trouvent dans les œufs et les cellules du méristème et des tumeurs, qu'il s'agisse de plantes ou d'animaux. Les leucocytes et les tissus des jeunes embryons se développant rapidement, après avoir produit des protéines au maximum, sont vidés d'acide nucléique. Une expérience de Caspersson le confirme. La levure, en fermentation ou non, en l'absence d'une source d'azote est vidée d'acide nucléique. Mais lorsque la production de protéines redevient possible, son stock lui est immédiatement restitué.

On voit le sens de cette fonction principale de l'acide nucléique quand on décrit chimiquement les structures des cellules. Les cellules contiennent une variété de particules se synthétisant elles-mêmes, qui paraissent toutes être des protéines associées à des acides nucléiques. A l'extérieur du noyau ces particules ne contiennent que du *ribose* qui se trouve également dans les plastes des cellules végétales, dans les grands microsomes que Claude a séparés par centrifugation des cellules animales et dans les plus petits virus.

A l'intérieur du noyau il y a aussi de l'acide ribose nucléique. En plus, lié aux chromosomes, surtout durant la mitose, il y a son dérivé, le *désoxyribose*. Cette molécule est la pierre angulaire de la multiplication des cellules et de l'hérédité. Par sa capacité à se polymériser indéfiniment, probablement en spirale variable, elle est responsable pour une grande part, de la structure spiralée très serrée des chromosomes à la mitose (figure 9). C'est aussi probablement l'agent de leur multiplication (figure 11). Elle maintient leur spécificité et elle peut même en imposer une nouvelle. Mais dans la production d'une protéine, en opposition à sa synthèse, la partie décisive est jouée par l'acide ribose nucléique produit par le noyau qui en met de grandes quantités en réserve dans un corps spécial: le nucléole (figure 10).

Comme l'a montré Caspersson, les activités des chromosomes dans la production des protéines peuvent être représentées sous forme de diagramme dans les deux sortes de noyaux produisant des chromomères: dans les noyaux des glandes salivaires des mouches et dans les noyaux méïotiques au commencement de la division des cellules germinatives. Les gènes de ces noyaux sont chargés d'acide nucléique mais sont en train de produire des protéines. Les gènes successifs agissant chacun pour soi se repoussent séparément sur la chaîne des chromosomes (figure 10).

Dans les noyaux des glandes salivaires des drosophiles, on peut distinguer deux espèces de chromomères. Il y en a de grands qui produisent de grosses protéines et ont une forte affinité pour s'apparier aux chromomères correspondants du

chromosome partenaire, et il y en a de petits qui produisent de petites protéines et ont une faible affinité. Les premiers qui comprennent ce que l'on appelle euchromatine, contiennent tous les gènes à mutations très spécifiques. Les deuxièmes qui comprennent l'*hétérochromatine*, ont été longtemps considérés comme inertes, mais sont maintenant connus pour contenir les gènes que Mather a décrits comme polygènes et dont les mutations ont un effet faible et répété.

A cause de la distinction parallèle entre deux espèces de chromomères et deux espèces de mutations génétiques, il semble que la taille, la spécificité et la complexité du gène et de ses produits soient comparables. Dans ce cas une succession de petits chromomères serait due à la répétition d'éléments similaires et la formation de grands chromomères à l'intégration d'éléments dissemblables.

D'autre part, dans beaucoup de plantes et d'animaux on peut priver l'hétérochromatine de tout acide nucléique en laissant la mitose se faire en-dessous du point de congélation. Elle forme alors des blocs non colorés dans les chromosomes de la métaphase (figure 11; ENDEAVOUR, I, 105, 1942). En outre, une carence générale ou non spécifique d'acide nucléique, ou au contraire un excès, apparaît normalement dans tous les organismes comme un stade de différenciation. Dans les cellules de la moëlle des os des mammifères, par exemple, les corpuscules précurseurs des globules blancs, ainsi que l'a démontré La Cour, en sont privés, tandis que les rouges en ont en excès. Cette différence est exagérée dans l'anémie pernicieuse, si bien qu'on a pensé que les précurseurs des globules rouges sont dans une situation analogue à celle dans laquelle se développent les cellules cancéreuses. Les chromosomes visqueux et les fuseaux multipolaires produisent des cellules filles avec des noyaux défectueux qui ne peuvent pas vivre (figure 7).

CENTROSOMES ET CENTROMÈRES

Une paramécie qui a perdu sa bouche ne peut la refaire. Il doit donc y avoir des gènes déterminants dans la cellule, que l'on ne voit pas, mais qui n'en sont pas moins irremplaçables.

Sous le microscope nous pouvons distinguer trois éléments différents avec une continuité génétique quelconque. D'abord il y a les corpuscules générateurs des organelles, formes de vie à cellule unique. Ceux-ci, surtout ceux qui se rapportent aux flagelles et autres organes du mouvement, servent à secréter des filaments. Il y en a qui se divisent quand l'organisme se divise.

Le second élément est le centrosome, ou organisateur du fuseau, que l'on trouve chez les animaux et les plantes inférieures. Cet élément a aussi des rapports avec la secrétion et la disposition des filaments. Il organise les protéines de la cellule filamenteuse pour former un fuseau dont la structure fluide et limpide permet les mouvements réguliers et polarisés des chromosomes quand le noyau et la cellule se divisent à la mitose (figure 1). Le centrosome se reproduit lui-même (figure 2). Il pénètre dans l'ovule (qui perd son propre centrosome) par le spermatozoïde et quand deux spermatozoïdes pénètrent le même ovule, il se forme un fuseau avec trois ou quatre pôles.

Les fuseaux se forment normalement avec la collaboration des chromosomes. Ont-ils réellement besoin de chromosomes pour les aider à s'organiser et pour que leurs centrosomes continuent à se multiplier? Chez le lézard *Triton taeniatus* Fankhauser a essayé de vérifier cette hypothèse. Il a divisé un ovule avec un fil et a permis à la moitié sans noyau d'être pénétrée par un seul spermatozoïde dont le noyau se divise alors pour donner des noyaux haploïdes et des cellules. Les centrosomes de ces cellules cependant ne se divisent pas symétriquement avec leurs noyaux, et les cellules se divisent avec un mauvais nombre de centrosomes, et en conséquence leurs fuseaux ont un mauvais nombre de pôles: un, trois ou quatre. Ceux-ci donnent naissance, par la suite, à des cellules filles manquant de chromosomes, de la série haploïde, et certaines, en réalité, n'ayant pas de chromosomes du tout. Au début du développement, quand il ne se produit rien de nouveau, de telles cellules peuvent continuer à vivre et à se diviser quelques fois. L'expérience de Fankhauser montre donc que les centrosomes peuvent se diviser dans des cellules sans noyau ni chromosomes.

Dans les plantes supérieures, il n'y a pas de centrosome et le fuseau est organisé par les chromosomes seuls. Le responsable est un organe spécial appelé centromère. Le centromère est un élément actif, secrétant ou organisant les filaments du fuseau pendant la mitose. Alors que tous les autres gènes sont entourés d'un manchon d'acide nucléique, lui seul en est privé. C'est à la fin de cette activité qu'il se divise tout à coup pour séparer les chromosomes des cellules filles et les diriger vers les pôles opposés du fuseau qu'il a organisé. La métaphase est suivie par l'anaphase (figure 1). Il semble que le cycle du centromère sur le fuseau comme le cycle ordinaire du gène à

l'intérieur du noyau soit dû à un changement entre l'état initial et l'état final.

Quand le centrosome et le centromère sont tous deux présents, ils travaillent ensemble et il est difficile de distinguer leurs activités sauf par leur position à l'intérieur ou à l'extérieur du noyau. Il est même particulièrement évident dans la formation du sperme des mollusques que le centrosome n'est rien de plus qu'un centromère désincorporé, libéré dans le cytoplasme depuis très longtemps et qui n'a plus changé depuis.

Il est intéressant de noter que le centromère est un agrégat. Normalement il se fend en long pour donner des cellules filles égales et normales. Anormalement il se fend en croix. Il donne des cellules filles inégales et anormales—anormales parce qu'en croissant elles rompent le chromosome en deux en formant deux nouveaux chromosomes plus courts avec des centromères terminaux de dimension réduite. Ces nouveaux fragments de centromère sont parfois capables de faire le travail du centromère dont ils dérivent; ils doivent donc s'être développés en donnant une réplique d'une unité plus petite. C'est un gène multiple.

Les gènes du noyau peuvent organiser des protéines dans deux directions. L'action normale doit être perpendiculaire à l'axe du chromosome. Quand il y a des chromomères, l'action a lieu dans l'axe du fuseau. Le centrosome, par contre, rayonne dans toutes les directions pour former un aster avant le développement du fuseau. Nous voyons maintenant que le centrosome peut agir dans deux directions alternatives. Dans sa division normale, son développement a suivi la direction normale, perpendiculaire à l'axe des chromosomes. Dans sa mauvaise division il ne peut pas se reproduire et il agit tordu à angle droit, de telle sorte que les filaments qu'il secrète le fendent en deux parties (figure 12).

LES PLASTES

Le troisième type d'éléments génétiques visible dans le cytoplasme est le plaste dont dépend le développement de la chlorophylle dans les cellules vertes. Chez les algues et les protistes, on peut démontrer que les plastes ne proviennent que de plastes déjà existants; leur nombre est souvent fixé et leurs propriétés physiologiques peuvent être étudiées de différentes façons. Par exemple, le flagellé, *Euglena gracilis* dans un bouillon de peptone bien fourni se multiplie plus rapidement que ses propres plastes, de telle sorte que (ainsi que Ternetz l'a suggéré déjà en 1912) il n'y a, en fin de compte qu'un seul plaste pour deux *Euglenae* filles. L'une des deux n'en aura pas. De telle sorte qu'il naît une race blanche, irrévocablement.

Dans les plantes supérieures, il est difficile de montrer la continuité visible des plastes: petits et incolores, non différenciables par coloration, on ne peut les distinguer dans la cellule embryonnaire. Par reproduction expérimentale, cependant, on est arrivé à révéler une merveilleuse diversité de propriétés génétiques.

On découvre la propriété la plus simple en comparant deux sortes d'anomalies dans la chlorophylle de la primevère de Chine. L'une suit strictement les lois de Mendel en se combinant à nouveau: *AA*, *Aa* et *aa* sont respectivement vertes, jaunes et blanches. La jaune n'a pas toute sa chlorophylle mais peut vivre. La blanche ou albinos en manque presque totalement et meurt en semis. Ainsi ces différences de l'action des plastes sont strictement dépendantes du noyau — pour être précis, elles sont dues à un simple changement de gène.

On peut voir le second défaut dans une forme à feuille jaune de cette même espèce, et dont tous les descendants sont jaunes comme elle — qu'elle soit auto-pollinisée ou croisée avec une plante verte. L'hérédité se transmet seulement par les ovules. Elle vient en ligne maternelle. Il y a des déterminants transportés par les ovules qui ne le sont pas par le pollen. Quel est ce déterminant ? La réponse a été donnée très clairement par les expériences d'Erwin Baur en 1909 avec le pélargonium zonal. Beaucoup de ces plantes ornementales sont diaprées. Il s'agit de combinaisons à peu près stables de tissu vert et blanc dans lequel les cellules sans chlorophylle forment un tissu régulier au-dessus de celles avec chlorophylle ou vice versa.

Parfois des plantes mixtes vertes et blanches — des chimères — ont accidentellement une pousse complètement verte ou complètement blanche. Une pousse blanche est naturellement parasite du reste de la plante. L'une de ces pousses blanches se multipliera normalement si ses fleurs se fécondent elles-mêmes. Mais une pousse blanche peut aussi être croisée avec une pousse verte de deux façons, c'est-à-dire à la fois par des ovules blancs avec du pollen vert et des ovules verts avec du pollen blanc. De plus, certains de ces croisements montreront une hérédité mendélienne pure; c'est-à-dire que se développe une deuxième génération de disjonction en types alternés. D'autres montrent quelque chose de différent — une disjonction de la première génération. Des semis verts, diaprés et blancs apparaissent en même temps à la suite du

croisement. En outre, les semis diaprés se développent en faisant apparaître dès les cotylédons des secteurs de tissus verts et blancs (figures 5 et 6). Baur disait que les plastes étaient responsables de leur propre hérédité. Ils étaient autonomes, mais ils étaient apportés dans l'œuf fécondé par le pollen aussi bien que par l'ovule. L'hérédité quoique non mendélienne était cependant toujours biparentale. Les cellules mixtes dans l'embryon pouvaient alors, par suite d'une répartition des plastes verts et blancs due au hasard, donner des cellules et des tissus d'un blanc ou d'un vert parfait.

Quand on compte le nombre de semis verts, blancs et mixtes de la descendance, on voit un autre fait remarquable. Les lignées maternelles vertes donnent plus de semis blancs que les blanches. Ce n'est pas la lignée maternelle mais paternelle qui semble prévaloir pour l'hérédité, ainsi que le montre le tableau suivant.

Résultats de croisements réciproques entre des pousses vertes et blanches de pélargonium d'après Baur (1909) *et Chittenden* (1925).

♀ × ♂	*Total*	*Verts* %	*Diaprés* %	*Blancs* %
V × B	280	77	13	10
V × B	93	72	28	0

On ne peut pas douter que le pollen joue un plus grand rôle que l'ovule, mais dans le cas présent il ne faut pas admettre cette nécessité. On remarquera que la proportion des semis diaprés est plus grande avec l'élément femelle et que la fertilité de celui-ci est fortement réduite (car les croisements réciproques étaient probablement en nombre égal[1]). Il semble donc qu'avec un élément femelle vert, on obtienne une survivance complète des embryons et par conséquent un rapport normal des types. Il n'y a pas de doute qu'avec un élément femelle blanc, parasite et mal nourri, la fertilité soit réduite par l'élimination de la plupart des embryons les moins viables — environ 200 qui auraient dû pousser avec des plastes blancs.

L'origine des chimères diaprées du pélargonium est devenue claire beaucoup plus tard à la suite des études sur les croisements des *Oenothera*, les onagres. Là Renner a trouvé que les croisements réciproques différaient souvent dans les caractères de leurs plastes. Les plastes étaient largement transmis par l'ovule; il n'en venait qu'une trace par le canal pollinifère. Chez l'hybride, les plastes de l'un des parents étaient incolores tandis que ceux de l'autre étaient verts. Donc si nous appelons *A* et *B* les noyaux et les plastes, selon les espèces dont ils viennent, nous pouvons concevoir le tableau suivant:

Croisement	*Noyau*	*Plastes*
A♀ × *B*♂	*AB*	Blanc (*A*) + trace de vert (*B*)
B♀ × *A*♂	*AB*	Vert (*B*) + trace de blanc (*A*)

Les blancs avec une trace de vert meurent. Les verts avec une trace de blanc vivent et disposent leurs plastes comme dans le pélargonium: quelquefois ils donnent des pousses complètement vertes et moins souvent d'autres complètement blanches. C'est grâce à de tels croisements que les horticulteurs ont pu faire pousser de nombreuses plantes diaprées.

Est-ce que les plastes blancs *A* sont blancs parce que le noyau étranger *AB* les a fait changer leur caractère génétique ou, comme on l'a dit, y a-t-il eu mutation ? Ou bien leur changement d'apparence et d'activité est-il limité au temps présent et est-il dû aux privations causées par le noyau *AB* ? Quand des ovules avec des plastes *A* provenant de pousses blanches de plantes mixtes, sont croisées à nouveau avec du pollen *A* du père, la moitié de la génération suivante a des noyaux *AA* et est de nouveau verte. Evidemment il n'y a pas eu mutation de leurs plastes.

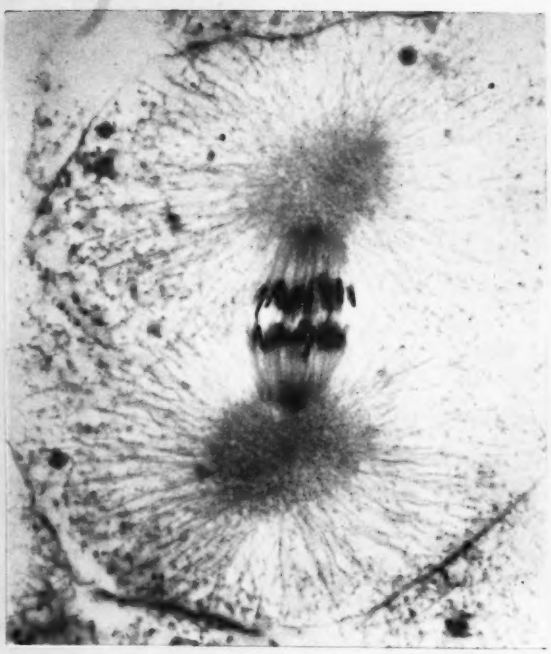
Des mutations peuvent cependant exister chez les espèces et les hybrides d'*Oenothera*. En réalité, cela doit arriver dans toutes les espèces d'organismes verts, y compris l'*Euglena*. La mutation n'est pas un changement massif de tous les plastes, mais un changement individuel et sporadique des plastes pendant le développement.

D'après Renner, une partie du caractère des plastes qu'ils conservent en combinaison avec des noyaux variés consiste en une capacité caractéristique de reproduction (sans tenir compte de la coloration verte ou blanche) en relation avec un noyau donné. Naturellement il y a une limite au nombre de plastes qu'une cellule peut contenir de telle sorte qu'avec des capacités de multiplication différentes il doit y avoir compétition entre les différents plastes d'une cellule mixte.

PLASMAGÈNES

Il semble que la continuité et la permanence des plastes justifient l'attribution, à leurs déterminants nucléo-protéiques d'une structure et d'un

[1] Baur additionnait les classes réciproques ensemble et Chittenden ne les additionnait pas du tout. Ni l'un ni l'autre ne donne le nombre de fleurs pollinisées.



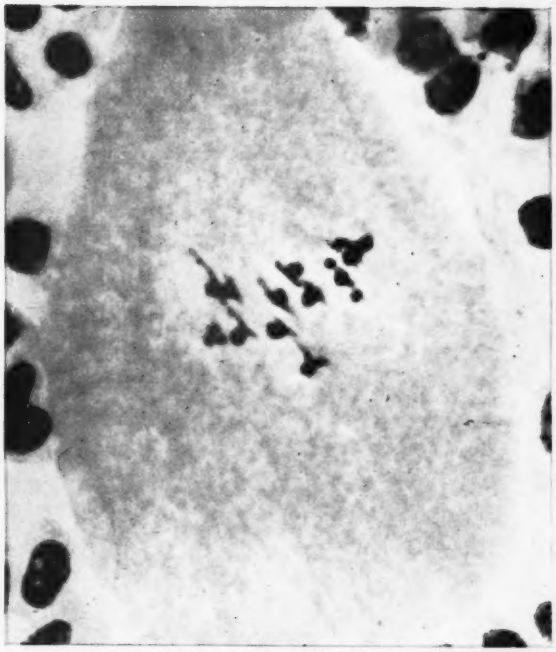


FIGURE 1 – *Disposition du fuseau mitosique dans les grandes cellules. (A gauche) Division par scission d'œuf d'aiglefin, d'après Darlington et La Cour,* 1947 (× 3.600). *(A droite) Sac embryonnaire d'un lis,* Fritillaria pudica, *n'ayant pas de centrosome et un fuseau oblique formé par les centromères (lacmoïde acétique).* (× 800) *(Photographié par P. C. Koller et L. F. La Cour.)*

a

b

FIGURE 2 – *Méïose chez une araignée* Tegenaria domestica, *montrant la division et les mouvements des centrosomes filles et leur formation en fuseau à la méïose, d'après Revell,* 1947. a–c *prophase,* d *métaphase et* e *anaphase.* (× 3.200)

c

d

e

a

b

c

FIGURE 3 – a *et* b, *Gousses et feuilles de pois vagabonds (à gauche) intermédiaires et (à droite) pois type de la variété « Early Giant ».* c *une feuille d'une plante intermédiaire qui est un vagabond à gauche et un type à droite grâce à un assortiment de plasmagènes dans la division cellulaire. Bateson (non publié).* ($\times \frac{3}{4}$)

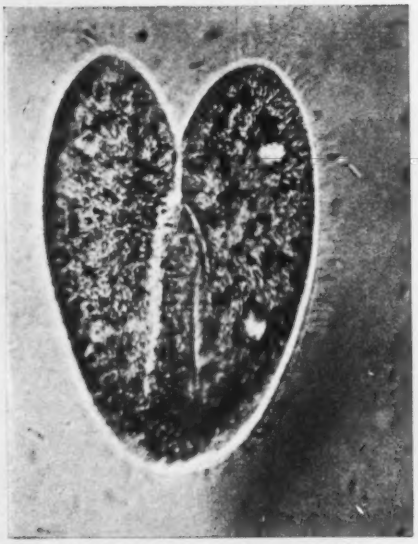


FIGURE 4 – Paramecium aurelia *en conjugaison. (A gauche) (préparation vivante avec cils visibles), rencontre normale, montrant les bouches se recouvrant. Il n'y a que les pronucléus qui s'échangent. (A droite) (preparation fixée et colorée), stade plus avancé, avec séparation artificiellement retardée; une large bande réunit les deux conjugués et permet l'échange et en conséquence le mélange de leurs matériaux cytoplasmiques, d'ailleurs hérités de la cellule femelle; les noyaux très colorés sont en désintégration.* ($\times$ 300)

(Photographies reproduites avec l'aimable autorisation de M. le Professeur T. M. Sonneborn.)

FIGURE 5 – *Semis de pélargonium zonal: vert × blanc montrant la séparation des tissus verts et blancs dans les cotylédons due à un assortiment de plastes dans la division cellulaire. Bateson (non publié).* (× 6)

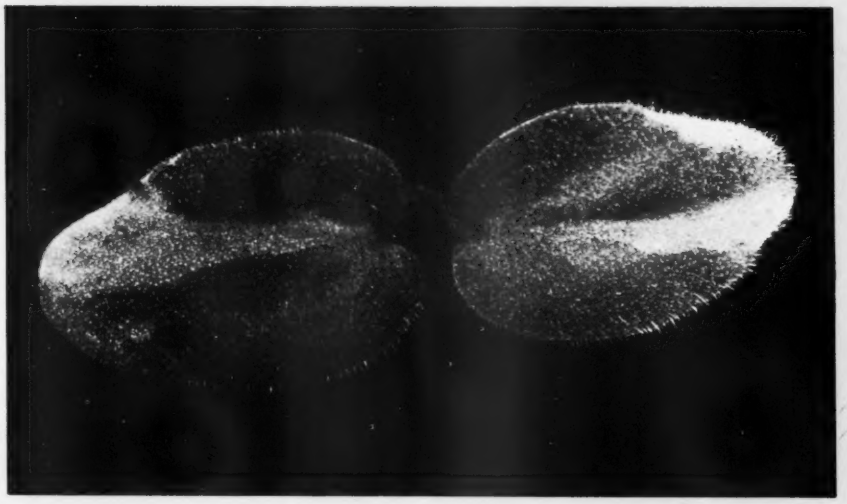
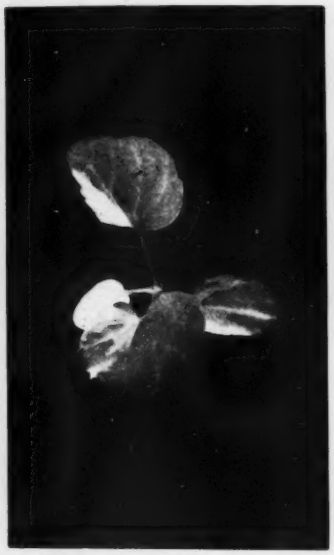
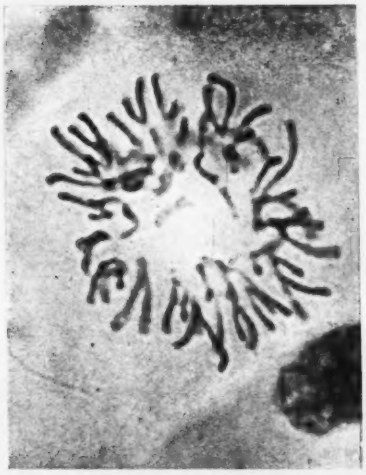


FIGURE 6 – *Même semis que celui de la figure 5 à un stade plus avancé du développement. (Grandeur à peu près naturelle.)*





a

b

FIGURE 7 – *Mitose chez les précurseurs des globules sanguins blancs* (a) *et rouges* (b) *dans la moëlle des os d'un homme atteint d'anémie pernicieuse. La différenciation exagérée entre la charge en acide nucléique et la production de protéine donne un fuseau multiple dans l'un et un fuseau inefficace dans l'autre. D'après La Cour,* 1944. (× 3.400)

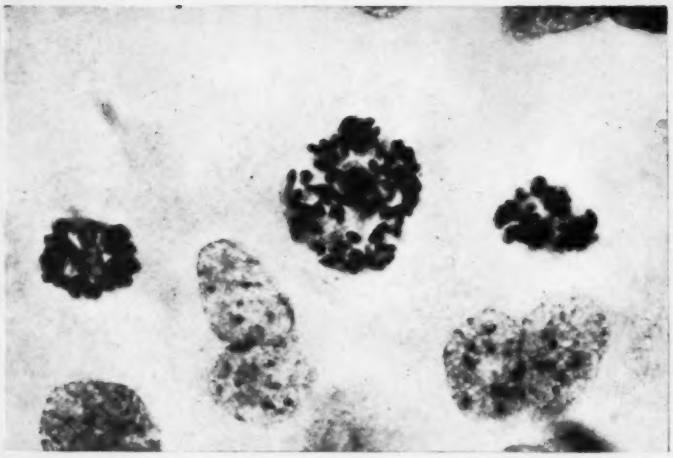


FIGURE 8 – (*A gauche*) *Fuseau multiple dans la division d'une cellule maligne d'un carcinome du col de l'utérus.* (*A droite*) *Cellule polyploïde résultant d'une telle anomalie à côté des cellules diploïdes.* (× 3.000) (*Préparations et photographies de P. C. Koller.*)

FIGURE 9 – *Les chromosomes à la première division de la méïose dans une cellule mère de pollen d'un* Tradescantia *triploïde avec chacun des six chromosomes représenté trois fois. Ils sont en partie en trois et en partie en deux avec le troisième dépareillé. Les cellules sexuelles ou gamètes auront un nombre varié de chromosomes, de six à douze. Le juste équilibre triploïde est conservé dans toutes les cellules végétatives de la plante par la division régulière des chromosomes à la mitose; il n'y a pas d'assortiment à la méïose.* (× 1.300) (*Préparation et photographie de lacmoïde acétique par G. Roy Lane.*)

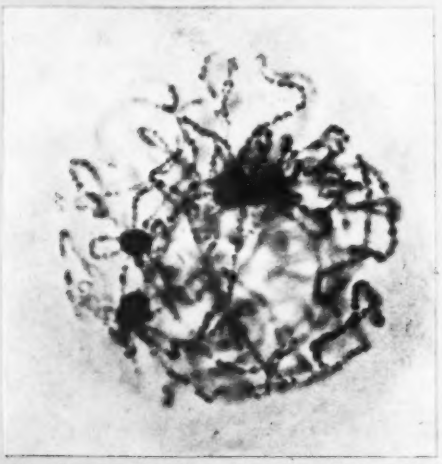


FIGURE 10 – *Prophase de la méïose dans une cellule mère de pollen de* Fritillaria recurva, *montrant la structure des chromomères d'une paire de chromosomes. Les grands corpuscules noirs sont des blocs d'hétérochromatine. Le nucléole n'est pas coloré et apparaît donc comme une cavité réfringente.* (× 2.800) (*Préparation de Feulgen photographie par J. E. Le Cour.*)

FIGURE 11 – *Anaphase de la mitose chez* Trillium grandiflorum, *montrant l'échec de la reproduction génétique dans des segments d'hétérochromatine privés d'acide nucléique. Coloration Feulgen. D'après Darlington et Le Cour, 1940.* (× 1.800)

ec
es
es
o)
e.)

m
ion
vés
rès

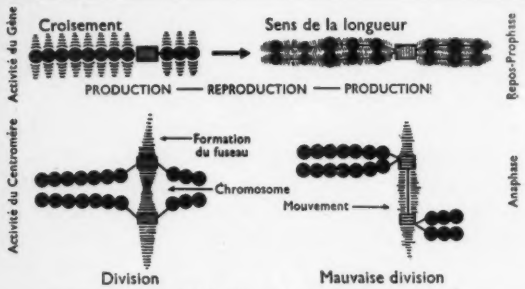


FIGURE 12 – *Production et orientation des protéines.*

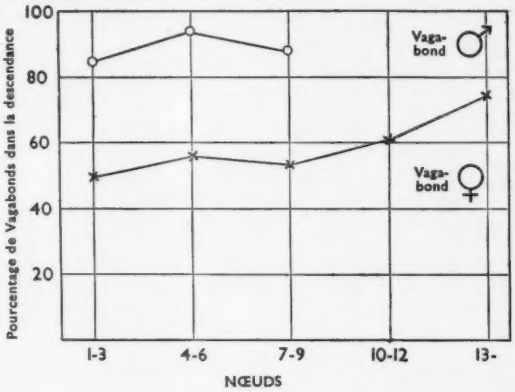


FIGURE 13 – *Graphique montrant (i) l'effet prépondérant des gamètes mâles dans l'hérédité du caractère vagabond dans des croisements réciproques entre des pois vagabonds intermédiaires et types et (ii) l'augmentation de la proportion de vagabonds dans la descendance des nœuds les plus élevés qui montrent le plus fortement le caractère vagabond. Extrait des données de Bateson et Pellew,* 1920.

nom semblables à ceux des gènes du noyau. On les appelle *plastogènes*. Leur grande importance réside dans le fait qu'ils donnent une indication sur les recherches à faire dans le champ inexploré du cytoplasme. Est-il possible que des déterminants similaires y existent qui ne soient pas liés à des corps importants et classés comme les plastes et les chromosomes, mais qui n'en auraient pas moins une importance physiologique permanente. De tels *plasmagènes* sont peut-être plus petits et plus nombreux que les plastes et par conséquent plus difficiles à classer.

D'une façon générale c'est ce que les recherches de ces dix dernières années ont établi. Chez *Paramecium aurelia*, Sonneborn à la suite d'une série d'expériences remarquables a découvert que leur capacité à tuer d'autres animalcules était due à la présence dans le cytoplasme d'organites appelés trichocystes. Ces organites dépendent nécessairement de la production, par un gène du noyau *K* qui est absent de certaines races, d'une substance précurseur. Donc un croisement entre une race carnassière et non carnassière de paramécie prendra l'aspect suivant:

Carnassière × *Non carnassière*

KK *kk*

♀ ♂ ♂ ♀

Kk *Kk*

F_1 (*carnassière*) (*non carnassière*)

F_2 $\underbrace{1KK : 2Kk}_{\textit{Carnassière}} : \underbrace{1kk \quad 1KK : 2Kk : 1kk}_{\textit{Non carnassière}}$

Donc la propriété carnassière est réservée à la lignée femelle. Elle est également réservée aux animaux portant un gène *K*. Cela veut dire que les trichocystes ne sont pas formés par le noyau seul ou le cytoplasme seul.

Jusqu'à présent nous n'avons rien rapporté d'intéressant au sujet des animaux supérieurs et c'est peut-être parce que chez eux la fonction de transmission cytoplasmique reste plus strictement dans les limites d'une vie individuelle plus longue. Elle peut être utilisée pour la différenciation plutôt que pour la variation. L'Héritier, cependant a complètement suivi chez la *Drosophila melanogaster* la trace spécialement instructive d'un plasmagène. C'est le « génoïde » sensible à CO_2. Le génoïde est hérité pour la plupart de la mère. C'est également (à la differénce des trichocystes ou des plastes) une variation artificielle ou, pourrait-on dire futile: la question de savoir si une mouche est sensible ou non au gaz carbonique ne peut se poser dans la nature.

Les plasmagènes de la drosophile et de la paramécie ont deux propriétés communes qui peuvent avoir une signification très générale. Ils sont tous deux capables d'infection. Quand on arrive à faire rester deux animalcules plus longtemps que normal en contact, lors de la copulation, l'un peut infecter l'autre avec des trichocystes. De même, le sérum d'une mouche sensible, injecté à une non-sensible, dotera les œufs de la mouche d'une sensibilité transmise — en d'autres termes, la particule est diffusible et artificiellement infectieuse. Elle n'est pas, cependant, naturellement infectieuse, et c'est ce qui distingue un plasmagène d'un virus neutre. Le virus du « breaking » chez les tulipes est resté en équilibre dans certaines formes végétatives pendant des centaines d'années sans leur faire de mal. Il est neutre, mais est transmis

naturellement par un puceron et est, par conséquent, un vrai virus. Cependant, certains de ces virus sont apparus depuis un temps plus ou moins long par transplantation ou par mutation de protéines, se synthétisant elles-mêmes dans les cellules.

La seconde propriété commune aux trichocystes et au « génoïde » est d'avoir une capacité limitée de reproduction dans la cellule. Quand l'ascendant (ou doit-on dire l'hôte) se développe à une température élevée, ses cellules peuvent se multiplier plus vite que leurs plasmagènes. Il se développe sans eux comme on a montré que l'*Euglena* se développait sans plaste.

Avant que nous suivions ce fil conducteur, il y a cependant un autre problème primordial relatif au plasmagène que nous devons considérer, celui du développement. Il y a des anomalies de développement dans beaucoup de plantes qui sont transmises à leur descendance comme par un virus. L'une de ces malformations les plus remarquables, mystérieuse jusqu'ici, est le caractère « vagabond » (rogue) de certaines plantes cultivées. Chez les pois comestibles, le vagabond apparaît comme un mutant à feuille étroite dans la plupart des variétés à feuille large. Bateson et Pellew ont trouvé que chez les mutants de la variété « Sutton's Early Giant » le caractère vagabond se développait au fur et à mesure de la croissance de la plante, atteignant son maximum au sommet. En outre, ils ont trouvé que des plantes ayant le caractère vagabond fournissaient une proportion plus grande de vagabonds au sommet, là où les feuilles sont le plus étroites. Enfin, ce qui était le plus étonnant (et même déconcertant à l'époque) dans des croisements réciproques avec une plante normale, le pollen transportait le caractère vagabond plus efficacement que les ovules (figure 13).

Il y a maintenant une explication presqu'évidente de ces propriétés. Le caractère vagabond est déterminé par un plasmagène qui apparaît par mutation au début du développement. Il se multiplie plus rapidement que la cellule, mais pas beaucoup plus vite aux premiers stades du développement et il est concentré dans le grain de pollen qui est la cellule de la plante la plus longue à pousser.

Il y a deux autres faits qui confirment cette opinion. Il y a quelquefois des pousses qui sont mélangées de vagabonds; ceci rappelle le mélange des teintes chez les plantes diaprées (figure 3*c*). Dans les types vagabonds croisés, quand la croissance est hâtée par la stérilité des fleurs, le développement complet du caractère vagabond est plus long à apparaître (Pellew, 1928).

Un autre progrès dans la connaissance du rôle joué dans le développement de particules se synthétisant elles-mêmes dans le cytoplasme, a été réalisé par Spiegelman, dans ses travaux sur la levure. Là il semble que le développement d'enzymes importantes dépende à la fois de gènes du noyau qui fournissent les précurseurs et d'un substratum qui fournit les matériaux fermentés. Ce système nous donne une idée acceptable de la continuité du caractère des tissus chez les animaux supérieurs. La validité de tels concepts est révélée par leurs échecs accidentels.

Il est courant d'observer que chez les mammifères pies — porcs ou cobayes — la couleur noire de la peau recouvre une surface plus grande que la fourrure noire. Billingham et Medawar ont fait des expériences de transplantation pour découvrir la cause de l'étendue de la coloration de la peau. Ils ont trouvé que le pigment noir se forme dans des cellules de surfaces à poil blanc qui ne devraient pas le former normalement elles-mêmes. Leur transformation est le résultat de leur infection par un pigment déterminant de leurs voisines noires. Ce déterminant doit être une protéine se synthétisant elle-même, probablement une enzyme ou le précurseur d'une enzyme nécessaire à la production du pigment. Donc dans une position parfaitement neutre la base de la différenciation peut être rompue par l'infection. L'infection, également est quelque chose de nouveau en tant qu'infection interne. Ce n'est que du point de vue de la race de la cellules et des particules génétiques qu'elle est externe.

CANCER

L'application de la théorie plasmagénétique et des particules génétiques au développement des tumeurs ne fournit pas moins d'éclaircissements. Il y a des agents chimiques, appelés cancérigènes qui, à la fois chez les plantes et les animaux, changent les propriétés de cellules adultes de telle sorte qu'elles recommencent à croître et à se diviser. La nouvelle lignée de cellules créée par cette mutation ne reprend jamais son caractère normal; elle peut changer mais seulement en s'éloignant davantage de ce caractère. La production de protéines et d'acide nucléique est tellement augmentée que même le mécanisme du chromosome peut être rompu. Il se forme des noyaux fragmentaires ou polyploïdiques comme ceux qui se forment dans des conditions similaires chez les précurseurs des globules rouges dans l'anémie pernicieuse.

Les agents qui produisent ces changements le plus efficacement ne ressemblent pas aux radiations non spécifiques connues pour produire

ordinairement des mutations génétiques. Ils sont chimiques et spécifiques. En outre, certains d'entre eux (par ex. l'aminoazobenzène) agissent spécifiquement sur certains tissus. D'ailleurs le noyau cellulaire est constant dans presque tous les tissus. Il n'y a que le cytoplasme qui varie. Donc il semble que ce soit le cytoplasme qui réagisse aux substances cancérigènes. Le cancer devrait donc son origine à une mutation dans le système des protéines du cytoplasme se synthétisant elles-mêmes, c'est-à-dire dans un plasmagène.

Il semble que la tumeur représente un renversement du comportement normal de la cellule. Dans le développement normal c'est le noyau qui a le contrôle. Dans la tumeur le cytoplasme prend le mors aux dents avec des conséquences fâcheuses. L'une de ces conséquences est que la nouvelle lignée de cellules se différencie à nouveau. Leur faculté de reproduction, augmentée dans son ensemble, est trop élevée pour certains de leurs éléments constitutifs. Ils se sont assortis. Ce même point de vue rend aussi possible maintenant la compréhension des différents types de transmission des tumeurs. Il y en a qui ne peuvent se transporter que par greffe, d'autres que par des injections d'extraits libres de cellules et d'autres encore sont naturellement infectieuses et peuvent donc être décrites véritablement comme des virus. Ces différentes facultés des tumeurs naturelles correspondent exactement à ce que l'on pouvait attendre si l'on réfléchit à ce fait que certains plasmagènes sont diffusibles et d'autres non.

Le champ de l'immunologie reste à discuter. C'est l'un des plus fructueux pour l'application des principes de génétique. La rectitude de l'action génétique dans la détermination de la production d'antigènes (spécialement avec le facteur Rhésus) est la base de la meilleure analyse génétique faite jusqu'à ce jour sur l'homme. Les problèmes de l'immunologie relatifs à la génétique du cytoplasme ne sont pas moins importants, mais beaucoup plus obscurs. Il suffit pour le moment de signaler que si la production d'anti-corps est considérée comme une propriété de l'auto-reproduction des déterminants cytoplasmiques, il faut la rapporter à un important groupe d'hypothèses à vérifier. En ce qui concerne l'utilisation de cette parenté, telle que Burnet et Fenner l'ont proposée, les concepts de l'héridité, le développement et l'infection cellulaire doivent être combinés avec une largeur de vue à laquelle la présente discussion peut nous préparer.

BIBLIOGRAPHIE

BATESON, W., et PELLEW, C. *Proc. Roy. Soc.*, B, **91**, 186–95, 1920.

BAUR, E. *Z. indukt. Abstamm. u. Vererblehre*, **1**, 330–51, 1909.

BILLINGHAM, R. S., et MEDAWAR, P. B. *Heredity*, **2**, 29–47, 1948.

BURNET, F. M., et FENNER, F. *Ibid.*, **2**, 289–324, 1948.

CASPERSON, T. *Symp. Soc. Exp. Biol.*, **1**, 127–51, Cambridge, 1947.

CHITTENDEN, R. J. *J. Genet.*, **16**, 43–61, 1925.

CLAUDE, A. *Science*, **97**, 451–6, 1943.

DARLINGTON, C. D. *Endeavour*, **1**, 102–5, 1942.

Idem. Symp. Soc. Exp. Biol., **1**, 252–69, Cambridge, 1947.

Idem. Brit. J. Cancer, **2**, 118–26, 1948.

Idem. « Les Plasmagènes, Unités biologiques douées de continuité génétique », Paris, 1949. (Sous presse.)

DARLINGTON, C. D., et LACOUR, L. F. *J. Genet.*, **40**, 185–213, 1940.

Idem. « The Handling of Chromosomes », 2ème éd., Londres, 1947.

DARLINGTON, C. D., et MATHER, K. « Heredity, Development and Infection, Genes, Plants and People: Essays on Genetics », Londres, 1949.

FANKHAUSER, G. *J. Exp. Zool.*, **67**, 349–92, 1934.

L'HÉRITIER, P. *Heredity*, **2**, 325–48, 1948.

KOLLER, P. C. *Brit. J. Cancer*, **1**, 38–47, 1947.

LA COUR, L. F. *Proc. Roy. Soc. Edinb.*, B, **62**, 73–85, 1944.

PELLEW, C. *Verh. 5 int. Kong. Vererb.*, **2**, 1157–81, Berlin, 1928.

RENNER, O. *Ber. sächs. Ges. (Akad.) Wiss. (Math.-phys. Kl.)*, **86**, 241–66, Leipzig, 1934.

REVELL, S. H. *Heredity*, **1**, 337–47, 1947.

SONNEBORN, T. M. *Growth Symp.*, Cold Spring Harbor (U.S.A.), **11**, 291–307, 1947.

SPIEGELMAN, S. *Symp. Soc. Exp. Biol.*, **2**, 286–335, Cambridge, 1948.

TERNET, C. *Jb. wiss. Bot.*, **51**, 435–514, 1912.

Amédée Avogadro

M. GIUA

Bien que Dalton fût parvenu — avec peine d'ailleurs — à rallier l'opinion générale à sa théorie de la structure atomique de la matière, lui-même était obsédé par l'idée que les atomes ont une existence séparée. Il est même douteux qu'il ait jamais pu concevoir un élément comme un entassement d'atomes, et par conséquent les premières formules des composés chimiques étaient incertaines et souvent inexactes. C'est à Avogadro et plus tard à Cannizzaro qu'il fut donné de résoudre le problème.

Amédée Avogadro de Quaregna et Cerreto, fils du magistrat le comte Philippe et d'Anne Vercellone de Biella, est né à Turin le 9 août 1776. Il semble que le nom d'Avogadro dérive de « De Advocatis », un titre accordé à des magistrats ecclésiastiques pour des services spéciaux. Il obtient sa licence de philosophie en 1789, celle de droit en 1795 et l'année suivante il est docteur en droit canon. Pendant quelque temps il exerce comme avocat des pauvres, mais bientôt il se consacre aux mathématiques et à la physique; en 1803 il donne sa première communication à l'Académie Royale des Sciences de Turin dont il devient membre. Il débute dans l'enseignement comme maître de mathématiques et de physique au lycée Vercelli et en 1820 il est nommé professeur de physique supérieure à l'université de Turin. Cette chaire, à peine fondée, fut supprimée après la révolution de 1821. Le roi Charles Albert l'ayant rétablie en 1832, Cauchy l'occupa pendant un certain temps, puis elle fut offerte de nouveau à Avogadro qui l'occupa jusqu'en 1850, lorsque son élève Félix Chiò lui succéda.

Amédée Avogadro

Humaniste éminent et savant distingué, Avogadro était néanmoins un homme très modeste. Ses capacités le firent nommer Membre de la Haute Commission de Statistique, Président de la Commission des Poids et Mesures, et après 1848, Membre du Conseil Supérieur de l'Enseignement. Sa vie familiale fut sans incident. Sa femme, Felicità Mazzè de Biella, lui donna six enfants.

On ne peut bien juger l'importance de l'œuvre d'Avogadro sans tenir compte aussi de celle de John Dalton, l'illustre fondateur de la théorie atomique. Il est intéressant de noter que ces deux savants, l'Anglais et l'Italien, se ressemblent étrangement, même au point de vue caractère.

L'œuvre de Dalton a permis de définir les poids atomiques relatifs. D'une façon similaire Avogadro apporta l'idée des poids moléculaires relatifs. Ces deux conceptions forment la base de la théorie atomique et moléculaire à laquelle les noms des deux savants sont associés. Stanislas Cannizzaro a dit que l'œuvre de Dalton « peut être considérée comme l'étape la plus importante franchie par la chimie en vue d'acquérir le statut de science ». De même, on peut dire à juste titre que l'œuvre d'Avogadro a rendu celle de Dalton bien plus utile à la chimie, parce qu'il a incorporé la théorie atomique à sa théorie moléculaire; d'après cette dernière il existe des agrégats de deux ou de plusieurs atomes — des molécules — qui peuvent être divisés en leurs atomes constitutifs par des réactions chimiques.

Avogadro exposa la théorie moléculaire dans son mémoire classique « *Saggio di un modo di determinare le masse relative delle molecole elementari dei corpi e le proporzioni secondo le quali esse entrano in queste combinazioni* » (Essai sur une méthode de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps ainsi que leurs proportions lorsqu'elles se combinent) [*J. Phys. Chim., d'Hist. Nat. et des Arts de De la Métherie*, **73**, 58, 1811], et la compléta dans plusieurs autres mémoires parmi lesquels nous citerons les suivants: « *Sulle masse relative delle molecole nei corpi semplici* » (Des masses relatives des molécules dans les corps simples) [*ibid.*, **78**, 131, 1814]; « *Sul calore specifico dei gas composti paragonati con quello dei loro gas componenti* »

(De la chaleur spécifique des gaz composés comparée à celle de leurs composants gazeux) [*Giornale di Letteratura, Scienze ed Arti*, **4**, 478, 1816; **5**, 73, 1817]; « *Nuove considerazioni sulla teoria delle proporzioni determinate nelle combinazioni e sulla determinazione delle masse delle molecole nei corpi* » (Considérations nouvelles sur la théorie des proportions déterminées dans les combinaisons et sur la détermination des masses moléculaires dans les corps) [*Mem. Accad. Sci. Torino*, **26**, I, 1821]; « *Sulla necessità di distinguere le molecole integranti dei corpi dei loro equivalenti chimici nella determinazione dei loro volumi atomici* » (Sur la nécessité de distinguer les molécules de leurs équivalents chimiques, dans la détermination de leurs volumes atomiques) [*Arch. sci. phys. et math.*, **8**, 285, 1849]. Avogadro a publié un résumé de sa théorie dans son « *Trattato della costituzione generale dei corpi* » (Traité sur la constitution générale des corps) Turin, 1838.

Dalton ne s'était pas rendu compte de l'importance de la seconde loi de Gay-Lussac, mais Avogadro vit qu'il fallait l'appliquer à la théorie de Dalton, et dans son mémoire de 1811 il écrit: « Gay-Lussac a montré que les gaz se combinent toujours suivant un rapport simple de leurs volumes et que si le produit est gazeux, son volume est également dans un rapport simple avec celui des constituants; il semble que le rapport des quantités des éléments ne peut que dépendre du nombre relatif des molécules composées qui en résultent. Par conséquent, il est évident qu'il y a des rapports très simples entre les volumes des substances gazeuses et le nombre de molécules simples ou composées qu'elles contiennent. On est conduit tout droit à la seule hypothèse possible, d'après laquelle des volumes égaux de gaz contiennent le même nombre de molécules, et des volumes différents un nombre proportionnel de molécules. »

Pour comprendre le raisonnement d'Avogadro on doit se rappeler qu'il entend par molécules composées les molécules physiques d'aujourd'hui, et par molécules simples ce que nous appelons atomes. En langage moderne sa célèbre hypothèse prend la forme: *Des volumes égaux de gaz, à une même pression et à une même température, renferment le même nombre de molécules.* Cette hypothèse nous permet de déterminer les masses moléculaires relatives des substances qui peuvent s'obtenir à l'état gazeux et aussi le nombre relatif des molécules qui se combinent. Comme les masses moléculaires de divers gaz sont proportionnelles à leurs densités à la même pression et à la même température, le nombre relatif des molécules réagissantes est donné par le rapport des volumes des gaz qui se combinent. Ainsi, d'après les données d'Avogadro, les densités relatives de l'oxygène et de l'hydrogène sont 1,10359 et 0,07321 respectivement (en prenant celle de l'air atmosphérique comme unité); par suite, le rapport de ces deux nombres représente le rapport des masses de leurs molécules. Par conséquent, la masse de la molécule d'oxygène vaut environ quinze fois celle de la molécule d'hydrogène, ou, plus exactement, le rapport est 15,074 : 1. De même, le rapport de la masse de la molécule d'azote à celle de la molécule d'hydrogène est 0,9613 : 0,07321, ou 13,238 : 1. D'autre part, comme le rapport des volumes d'hydrogène et d'oxygène qui se combinent pour former de l'eau est 2 : 1, il s'ensuit que l'eau est formée par l'union d'une molécule d'oxygène avec deux molécules d'hydrogène. De cette déclaration importante, qui va à l'encontre de l'affirmation de Dalton selon laquelle la molécule d'eau contient un atome d'oxygène et un atome d'hydrogène, Avogadro conclut que les molécules étaient divisibles, contrairement à l'opinion courante des chimistes et des physiciens. Sa discussion sur la combinaison de deux gaz sans changement de volume montre bien que la conception de la divisibilité des molécules était tout-à-fait claire dans son esprit. En comparant les données de Gay-Lussac sur la combinaison du chlore et de l'hydrogène qui donnent de l'acide chlorhydrique, avec celles de l'azote et de l'oxygène qui donnent de l'oxyde azotique, on est forcé de conclure, dit Avogadro, que les molécules réagissantes se scindent comme suit:

$$\underset{\text{de chlore}}{\text{1 vol.}} + \underset{\text{d'hydrogène}}{\text{1 vol.}} = \underset{\text{d'acide chlorhydrique}}{\text{2 vol.}}$$

$$\underset{\text{d'azote}}{\text{1 vol.}} + \underset{\text{d'oxygène}}{\text{1 vol.}} = \underset{\text{d'oxyde azotique}}{\text{2 vol.}}$$

En d'autres termes, les molécules de chlore, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène se sont chacune divisées en deux, et par conséquent elles doivent contenir un nombre pair d'atomes — au moins deux — Avogadro termine son mémoire en ses termes: « Le lecteur aura remarqué qu'à plusieurs points de vue nos résultats sont semblables à ceux de Dalton, bien que nous soyons partis d'un principe général, alors que la théorie de Dalton repose sur des considérations particulières. Cet accord corrobore notre hypothèse qui n'est, en fait, que le système de Dalton rendu plus précis par son rapport que nous avons prouvé avec le principe général de Gay-Lussac. Dans le système de Dalton on suppose que les réactions chimiques ont

généralement lieu suivant des proportions fixes, ce qui a été confirmé par les expériences, pour les réactions les plus stables et les plus intéressantes en tout cas. Il semble que ce soient les seules réactions possibles entre substances gazeuses, car si le rapport des gaz qui réagissent était plus grand, les molécules résultantes deviendraient énormes, malgré la divisibilité des molécules, qui, d'ailleurs, a probablement ses limites. Comme les molécules composées des substances solides et liquides sont en contact plus intime, la distance qui les sépare est du même ordre de grandeur que celle qui existe entre des molécules élémentaires; on conçoit aisément qu'il peut en résulter des réactions plus compliquées, voire même des combinaisons en toute proportion. Certes, ces réactions diffèrent en quelque sorte de celles que nous avons envisagées ici, et cette différence permettrait peut-être de concilier la théorie des composés de Berthollet avec la théorie des proportions définies.»

On a appelé Avogadro « le vrai législateur des molécules » [I. Guareschi, « Considérations historiques et critiques », préface aux travaux choisis d'Avogadro (*Opere Scelte*), 1911]. En fait, sa contribution à la question fut plus systématique et théorique qu'expérimentale, ce qui pourrait expliquer jusqu'à un certain point pourquoi ses idées ont tant tardé à être acceptées; bien que sa théorie eût été clairement énoncée et répétée, les chimistes l'ignorèrent pendant trente ans. D'après Graebe [*J. prakt. Chemie*, **87**, 145, 1913], le retard apporté à reconnaître l'œuvre d'Avogadro aurait été dû au manque de preuves expérimentales, mais cela même l'explique mal, car sa théorie a permis d'élucider nombre de points douteux; d'ailleurs, elle ne se bornait pas à présenter des affirmations abstraites ou générales sur la constitution des substances, mais reposait fermement au contraire sur les données expérimentales acquises par de grands chimistes comme Gay-Lussac, Davy et Berzélius. Il est vraisemblable que les problèmes expérimentaux créés par la théorie antiphlogistique de Lavoisier absorbaient tellement les chimistes de la première moitié du dix-neuvième siècle, qu'ils ne se rendaient même pas compte de la portée des travaux d'Avogadro. C'est Cannizzaro, dans son ouvrage « *Sunto di un corso di filosofia chimica* » (Résumé d'un cours de science chimique) (1858) qui a englobé la théorie d'Avogadro dans les résultats expérimentaux de plus d'un demi-siècle de recherche chimique, tirant ainsi la conclusion logique de l'œuvre d'Avogadro. Cannizzaro l'a dit lui-même des années plus tard: « La pierre angulaire de la science atomique moderne est la théorie avancée par Avogadro, Ampère, Krönig et Clausius sur la constitution des gaz parfaits: d'après cette théorie, quelles que soient leur nature et leur masse, des volumes égaux de ces gaz à la même température et à la même pression renferment le même nombre de molécules.» Voilà le point de départ logique pour expliquer les propriétés fondamentales des molécules et des atomes, et pour démontrer l'existence des derniers. Cannizzaro demande instamment à ceux qui sont encore sceptiques d'examiner les bases mathématiques à l'appui de la constitution des gaz, et de lire attentivement l'histoire de la chimie. De cette manière ils pourront se convaincre de ce que, pendant quelque temps, les faits physiques ont paru contredire la théorie d'Avogadro-Ampère; par contre, avec le développement de la science chimique et la coordination des données expérimentales, les chimistes sont revenus progressivement à leurs idées. Les travaux de Williamson, de Gerhardt, et de Frankland et Wurtz permirent d'expliquer la plupart des exceptions apparentes à la loi des volumes égaux. Deville parvint à expliquer que la densité anormale de certains gaz est due à des mélanges, non de substances simples, mais de produits de substitution, ce qui fut confirmé par l'expérience. Au même moment les physiciens aboutissaient par une autre voie à la même hypothèse que des volumes égaux de gaz renferment le même nombre de molécules. Et Cannizzaro termine sa longue dissertation en ces termes enthousiastes: « Peut-on douter un seul instant que le fait que les recherches scientifiques convergent vers le même principe constitue la preuve la plus concluante à l'appui de la théorie énoncée par Avogadro et Ampère ? Des savants y ont été amenés en partant de directions différentes et même opposées; cette théorie a prédit plusieurs faits que l'expérience a confirmés par après; cette théorie doit forcément constituer plus qu'une abstraction scientifique pure et simple. Cette théorie ne peut être que la réalité elle-même ou cette image de la réalité que les instruments transmettent à notre intelligence.»

L'historien doit signaler l'opinion de Nernst, qui considère que la théorie moléculaire et le principe d'Avogadro sont les fondations de base de la chimie.

En plus de l'œuvre qui l'a rendu célèbre, Avogadro a poursuivi plusieurs autres recherches qu'il a publiées dans quatre mémoires sous le titre; « Des volumes atomiques des éléments et des volumes atomiques des solides et des liquides ».

Développements récents des machines à calculer

D. R. HARTREE

L'idée d'une grande machine à calculer automatique, d'une application assez souple pour permettre des calculs très variés, est une conception de Charles Babbage, vers 1835, mais il a fallu plus d'un siècle pour la réalisation de son rêve. Les difficultés financières et autres ont empêché l'achèvement de sa propre machine, mais les calculateurs modernes, bien qu'employant des méthodes électroniques au lieu de pièces mécaniques, matérialisent la plupart de ses conceptions fondamentales.

On distingue commodément deux catégories principales d'instruments destinés à faire des calculs numériques par des procédés mécaniques ou électriques. Comme exemple de la première classe, on peut prendre un système qui permet d'effectuer la multiplication de deux nombres x par y, en faisant passer un courant, ajusté à la valeur x ampères à travers une résistance ajustée à la valeur y ohms et en mesurant en volts la différence de potentiel aux bornes de la résistance. Dans ce système, on obtient le résultat en représentant d'abord les nombres par des grandeurs physiques dont ils sont la mesure, en opérant sur les grandeurs physiques (comme, dans cet exemple, en faisant passer le courant dans la résistance) et en mesurant, en fin de compte, une grandeur physique quelconque. On trouve, comme autre instrument de ce genre, la règle à calculs, le planimètre, et la plupart des types d'analyseur harmonique. Une propriété caractéristique de ces systèmes, est que leur précision dépend de la précision de la construction et de l'assemblage des pièces électriques et mécaniques qui les composent, et de la précision qu'on peut atteindre dans les mesures physiques.

On a, comme exemple de l'autre catégorie, la machine à calculer ordinaire de bureau, du type Brunsviga ou Marchant. Pour un nombre écrit de la façon habituelle, comme 758, les symboles 7, 5 et 8 représentent les chiffres d'un nombre, et les systèmes à calculer de la deuxième catégorie opèrent directement, les nombres étant exprimés sous cette forme chiffrée, d'habitude (mais pas toujours) en comptant des objets discrets, comme les dents d'une roue dentée (comme dans la Brunsviga), ou des évènements discrets, comme la réception d'impulsions électriques par un circuit électrique compteur. Ces machines ne peuvent opérer directement quand les quantités varient continument. Par ailleurs, on peut les construire de façon à réaliser n'importe quelle précision finie.

Les systèmes des deux catégories sont parfois distingués par les noms respectifs d'« instruments » et de « machines » à calculer, et c'est de machines à calculer, dans ce sens restreint, que nous allons nous occuper. Dans les développements récents dans ce domaine, on a surtout cherché à réaliser de grandes machines, pouvant effectuer automatiquement des successions étendues d'opérations de calcul, et construites de telle façon que la succession d'opérations nécessaires peut être facilement adaptée d'un genre de calculs à un autre, si bien qu'on peut employer la même machine, par exemple, pour résoudre les systèmes d'équations algébriques linéaires simultanées à nombreuses inconnues, pour faire l'analyse harmonique (transformation de Fourier) des fonctions non périodiques, ou pour résoudre numériquement les équations différentielles.

L'« ANALYTICAL ENGINE » DE BABBAGE

L'idée d'une grande machine automatique de ce type d'une utilisation variée n'a rien de nouveau; elle a plus de cent ans, bien que sa réalisation pratique date des dix dernières années. La conception originale d'une telle machine remonte à environ 1835, et nous la devons à Charles Babbage, qui était alors le « Lucasian Professor » de Mathématiques, à l'Université de Cambridge, et dont l'« analytical engine » devait précisément être une machine de ce type [2, 3]. A cette époque, aux débuts de l'étude scientifique de l'électricité, on ne pouvait concevoir l'« analytical engine » que comme purement mécanique. Mais on peut réaliser beaucoup des opérations que doit accomplir une telle machine bien plus facilement et bien plus rapidement en se servant de pièces électriques, comme les relais, les commutateurs unisélecteurs,

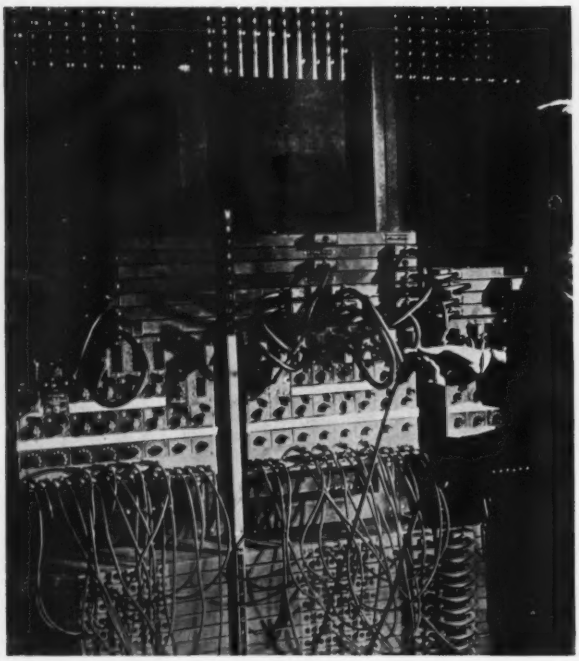


FIGURE 1 – *Vue de devant de deux accumulateurs de l'« Electronic Numerical Integrator and Calculator » (ENIAC).*

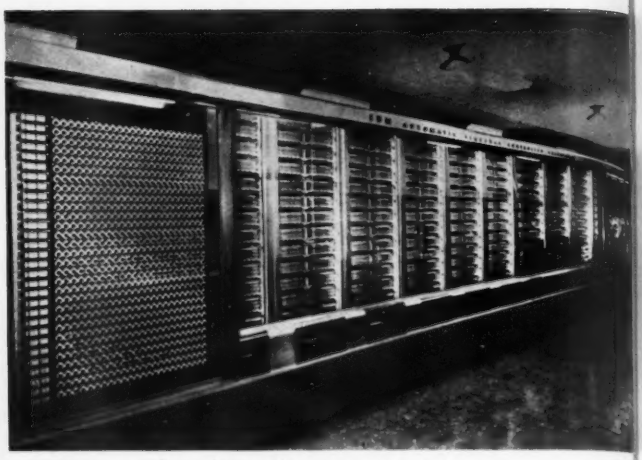


FIGURE 2 – *Vue d'ensemble du « Automatic Sequence-controlled Calculator ».*

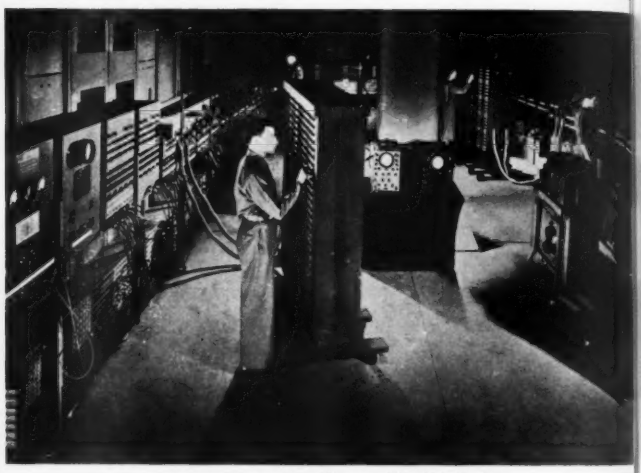


FIGURE 4 – *Vue d'ensemble de l'Eniac.*

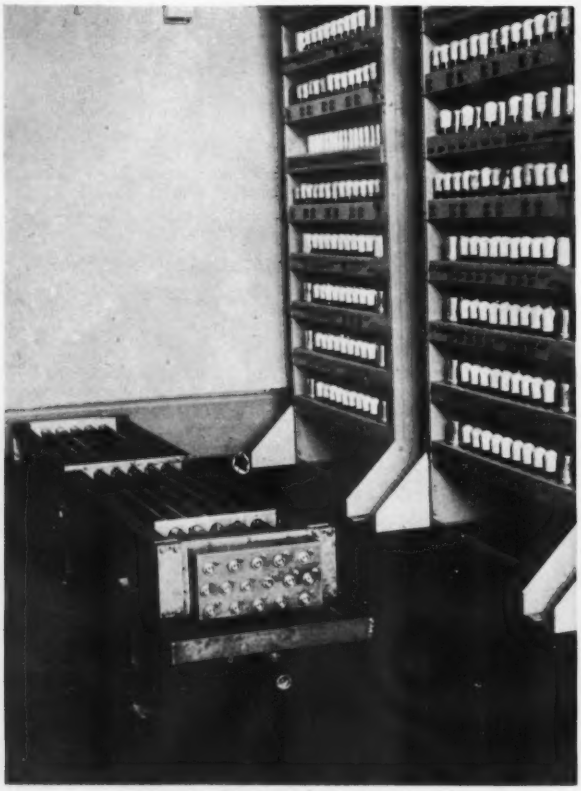


FIGURE 3 – *Batterie de 16 groupes de lignes de retard ultrasoniques, avec des pièces associées.*

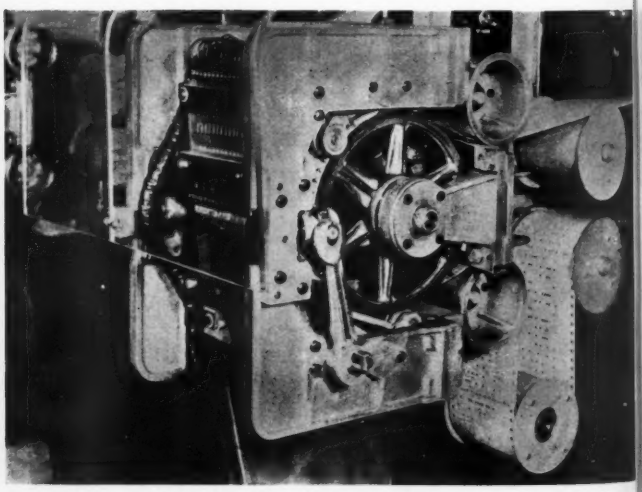


FIGURE 5 – *Mécanisme de contrôle de la succession des opérations dans l'« Automatic Sequence-controlled Calculator ».*

les appareils de télé-impression, et les tubes électroniques.

Il devait y avoir trois parties principales dans la machine de Babbage. L'une, qu'il appelait « emmagasineur » consistait en un assortiment de registres, où l'on pouvait enregistrer des renseignements numériques, soit des données du problème, soit des résultats intermédiaires, de façon à pouvoir s'en servir plus tard. Une autre qu'il appelait le « moulin » devait pouvoir effectuer les opérations arithmétiques sur des nombres communiqués par l'emmagasineur. Une troisième partie, qu'il n'a pas nommée, mais que nous pouvons appeler le « contrôleur » devait prendre les instructions des opérations dans l'ordre voulu, et contrôler le fonctionnement de la machine de façon qu'elles soient effectuées. Ce contrôle devait s'effectuer par l'emploi de cartons perforés; par des plongeurs traversant les trous dans les cartons on pouvait choisir les registres dans l'emmagasineur dont il fallait transmettre les nombres au moulin, l'opération (addition, soustraction, multiplication ou division) à effectuer et la disposition du résultat.

FONCTIONS À PRÉVOIR DANS UNE MACHINE À CALCULER AUTOMATIQUE

L'emmagasineur et le système de commande sont dans une telle machine, des aspects au moins aussi importants que les moyens employés pour faire des opérations arithmétiques, et l'ordre de grandeur et le développement des calculs possibles dépend beaucoup de la capacité de l'emmagasineur et de la flexibilité du système de commande. Pour avoir une souplesse suffisante sans nécessiter l'intervention d'un opérateur humain au cours du calcul, le système de commande, et la forme des instructions d'opération doivent être conçus de telle façon que la suite d'opérations effectuées par la machine puisse être modifiée automatiquement par les résultats du calcul pendant qu'il s'effectue. Voici comment on le réalise d'ordinaire. Toute instruction ne doit pas seulement spécifier une opération à accomplir, mais déterminer en quelque façon l'instruction suivante à prendre. On contrôle alors la suite d'opérations par les résultats du calcul, en faisant dépendre le choix de l'instruction suivante, à certaines étapes du travail, d'un certain critère, comme le signe d'un nombre évalué au cours du calcul.

LA RÉALISATION DU RÊVE DE BABBAGE

La première machine de ce type fut le « I.B.M. Automatic Sequence-controlled Calculator » (appelé plus brièvement le « Harvard Mark I Calculator ») construit par le professeur H. H. Aiken et l'I.B.M. Company et maintenant installé au Bureau de Calcul de l'Universitité de Harvard [1, 4, 13]. Dans sa réalisation pratique, avec l'emploi intensif de pièces électriques, elle est très différente de quoi que ce soit qu'aurait pu envisager Babbage. Mais dans ce qu'elle fait, et non dans la manière dont elle le fait, elle ressemble à maints égards à l'« analytical engine » de Babbage, et on a salué son apparition comme « la réalisation du rêve de Babbage » [8].

Dans cette machine, les opérations sont effectuées par des compteurs mécaniques, sur lesquels agissent des cliquets électromagnétiques, commandés par des relais; 72 de ces compteurs combinent les fonctions de groupe d'emmagasinage et de groupe d'addition, d'autres font partie de groupes pour effectuer des multiplications, divisions, interpolations et d'autres opérations. La machine a en elle-même la possibilité d'évaluer les logarithmes et les antilogarithmes à base 10, et les sinus; on peut avoir d'autres renseignements tabulaires par un ruban perforé. C'est aussi un ruban, sur lequel les instructions sont enregistrées sous une forme conventionnelle qui permet la commande de la suite des opérations. Des contacts qui s'établissent à travers les trous sur ce ruban ferment des circuits qui opèrent sur des relais, et ceux-ci ferment à leur tour d'autres circuits, ce qui a pour suite la réalisation des opérations spécifiées par les instructions conventionnelles. On peut obtenir les résultats, soit par des fiches perforées, soit au moyen de machines à écrire électriques automatiques.

On voit sur la figure 2 le devant de cette machine, vue de l'extrémité gauche. Il y a à gauche des commutateurs pour fixer à la main les valeurs des constantes, ou les données initiales, puis les groupes de compteurs, puis les groupes d'interpolation et de commande de la succession des opérations; les relais de commande sont montés par derrière sur des panneaux. On voit de près, sur la figure 5, le groupe de commande de la succession des opérations, avec un ruban en position.

Dans cette machine, les relais ne servent qu'à la commande. Dans d'autres machines, comme une grande machine à usage général construite par le Bell Telephone Laboratories [26] et une autre (le Mark II Calculator de Harvard) due au professeur Aiken [7], on utilise aussi les relais pour les opérations arithmétiques et les opérations d'emmagasinage, et les nombres sont représentés par les configurations d'un groupe de relais. On effectue l'addition, non en comptant (c'est-à-dire en additionnant successivement des unités) mais par une

table d'addition construite dans la machine par connection entre trois séries de relais du groupe arithmétique, une série pour chaque terme à additionner et une pour le résultat. Comme dans la machine Mark I de Harvard, on fournit à la machine la suite d'opérations à effectuer, sous forme conventionnelle sur un ruban perforé.

L'Eniac (« Electronic Numerical Integrator and Calculator ») est une autre de ces machines, construite par le Docteur J. P. Eckert et le Docteur J. W. Mauchly à l'Université de Pennsylvanie [6, 10, 11, 18, 19]. C'est la première de ces machines qui emploie des circuits électroniques plutôt que des pièces électromécaniques, et elle est en conséquence plus rapide que les précédentes; elle effectue une addition en 0,2 milliseconde, et une multiplication en moins de 3 millisecondes; c'est-à-dire, à la vitesse d'à peu près un million de multiplications à l'heure. Elle fonctionne en comptant des impulsions électriques produites par un multivibrateur et dirigées vers les différentes unités de la machine par des circuits électroniques qui contrôlent leur passage, le décompte étant réalisé par des circuits électroniques compteurs. Ces circuits compteurs sont groupés en vingt registres (les « accumulateurs »), dont chacun sert à la fois de groupe d'addition et de groupe d'emmagasinage. Les renseignements tabulaires nécessités par le calcul sont fournis à la main sur des tableaux de commutateurs, et les données numériques peuvent aussi être fournies par des cartons perforés. La succession des opérations est déterminée par les interconnexions entre les diverses parties de la machine, et la manipulation de divers commutateurs de commande; ces interconnexions et la manipulation de ces commutateurs se font à la main. C'est une partie de ce qu'il faut faire pour adapter la machine à un problème particulier quelconque. On voit sur la figure 4 une vue d'ensemble de la machine, et sur la figure 1, on voit de près la partie avant de deux accumulateurs, avec les connexions à fiches et les commutateurs qui permettent de demander à la machine une succession d'opérations.

Il existe une autre machine, qui combine les caractéristiques des circuits électroniques pour effectuer des opérations arithmétiques, comme dans l'Eniac, et l'emploi d'un ruban perforé de commande, pour établir les connexions telles qu'on les désire entre les diverses unités de la machine, comme dans le « Mark I Calculator » de Harvard. Celle-ci, complétée par la I.B.M. Company, au début de 1948 est une très grosse machine avec environ 15.000 tubes électroniques, et un nombre de relais du même ordre. On peut la considérer comme le point culminant de cette première étape du développement des machines à calculer automatiques.

LES GRANDES LIGNES DU DÉVELOPPEMENT ACTUEL

Il y a à présent trois formes physiques d'emmagasineur dont le développement est suffisant pour l'emploi dans un avenir proche. Ce sont (*a*) des lignes à retard acoustiques où les données à enregistrer sont représentées par des trains d'impulsions (peut-être sur une porteuse) [17, 20], (*b*) un matériau magnétique, ou les données sont représentées par des variations des propriétés magnetiques, et (*c*) une distribution de charges électrostatiques sur un écran isolant [9, 15, 25].

On voit schématiquement sur la figure 6 la forme habituelle d'une ligne acoustique de retard. Un tube muni à chaque extrémité d'un quartz piézo-électrique est rempli de mercure. Si l'on fait agir des impulsions électriques sur l'extrémité transmetteuse (à gauche sur la figure 6), elles sont transformées en vibrations acoustiques dans le mercure, et retransformées en impulsions électriques à l'autre extrémité. Elles sont alors amplifiées et servent à contrôler le passage des impulsions d'un multivibrateur (« horloge ») à l'extrémité transmetteuse de la ligne de retard. On évite ainsi une dégénérescence progressive de la forme de l'impulsion. On emploie aussi ces impulsions d'une « horloge » à passage contrôlé pour assurer le synchronisme entre les opérations des différentes parties de la machine. Avec un espacement des impulsions de 1 microseconde, on peut avoir une capacité d'emmagasineur de 1.000 nombres, chacun de dix chiffres, avec trente tubes de ce type, ayant chacun 150 cm de long.

On construit à présent plusieurs machines qui emploient ce système. Aussi le « Edvac » (« Electronic Discrete Variable Automatic Computer ») à l'Université de Pennsylvanie et l'« Univac »,

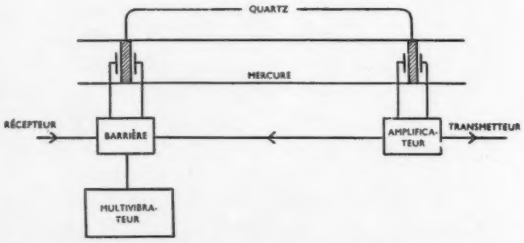


FIGURE 6 – *Schéma montrant l'emploi d'une ligne de retard acoustique comme groupe d'emmagasinage.*

construit par Eckert et Mauchly, qui ont conçu l'Eniac et d'autres machines aux Etats-Unis, et en Angleterre l'« Edsac » au Mathematical Laboratory à l'Université de Cambridge [21], et l'A.C.E. (« Automatic Computing Engine ») au National Physical Laboratory [22]. On voit sur la figure 3 une batterie de lignes de retard, des panneaux de tubes, et d'autres éléments des circuits associés de l'Edsac.

Dans plusieurs machines, on emploie comme milieu d'emmagasinage auxiliaire un corps magnétique, sous forme de fil ou de ruban. Dans deux machines on l'utilise sous forme de revêtement sur un cylindre tournant à haute vitesse (« tambour magnétique »). L'une d'elles est le Mark III Calculator de Harvard, construit par le professeur Aiken; les opérations arithmétiques y sont effectuées au moyen de circuits électroniques. L'autre est l'A.R.C. (« Automatic Relay Computer ») que bâtit le Dr A. D. Booth aux laboratoires de recherches de la British Rubber Producers' Association [5], où elles sont effectuées par des circuits relais.

Le professeur F. C. Williams, à l'Université de Manchester, a développé une forme d'emmagasineur à tube à rayons cathodiques standard [24, 25], et on a pu faire fonctionner de façon satisfaisante une machine expérimentale simple employant ce mode d'emmagasinage [23]. On travaille aux Etats-Unis à mettre au point des tubes spéciaux pour emmagasinage electrostatique [9, 15]. Sur une machine en construction à Princeton, on a l'intention d'employer un groupe de ces tubes pour l'emmagasinage principal avec des circuits compteurs électroniques, et un fil magnétique pour l'emmagasinage auxiliaire.

Sur la plupart de ces machines, il n'y a pas de différence de forme dans la représentation des nombres et des instructions dans la machine; ces deux choses sont représentées par une série d'indications (comme la présence ou l'absence de pulsations) qu'on peut représenter numériquement par 1 et 0. La seule différence qu'il puisse y avoir entre nombres et instructions réside dans la façon dont on les emploie. Cela entraîne deux conséquences; d'abord on peut employer le même système pour les nombres et les instructions, et ensuite, on peut effectuer des opérations arithmétiques et autres sur les instructions. Cette possibilité de modifier les instructions au cours du calcul peut réduire considérablement l'espace nécessaire à enregistrer les instructions, et, combinée à l'opération de sélection conditionnelle de l'instruction suivante, rendre une telle machine très souple.

Nous devons les figures 1 et 4 à l'amabilité de l'U.S. War Department; les figures 2 et 5 à l'amabilité du Bureau de Calcul de l'Université de Harvard; la figure 3 à l'amabilité du Docteur M. V. Wilkes.

BIBLIOGRAPHIE

[1] AIKEN, H. H., et HOPPER, G. *Electrical Engineering*, **65**, 384, 449, 522, 1946 (Harvard Mark I Calculator).

[2] BABBAGE, C. « Passages from the Life of a Philosopher », Longmans, Londres, 1864.

[3] BABBAGE, H. P. « Babbage's Calculating Engines », Spon et Co., Londres, 1889.

[4] BLOCH, R. M. Réf. [14], p. 23 (Harvard Mark I Calculator).

[5] BOOTH, A. D. Réf. [16], p. 286.

[6] BURKS, A. W. *Proc. Inst. Radio Engineers*, **35**, 756, 1947 (Circuits calculateurs de l'Eniac).

[7] CAMPBELL, R. V. D. Réf. [14], p. 64 (Harvard Mark II Calculator).

[8] COMRIE, L. J. *Nature*, **158**, 567, 1946 (revue de la référence [13]).

[9] FORRESTER, J. W. Réf. [14], p. 125 (Tube pour emmagasinage électrostatique).

[10] GOLDSTINE, H. H. et A. *Math. Tables and Aids to Computation*, **2**, 97, 1946 (Eniac).

[11] HARTREE, D. R. *Nature*, **158**, 500, 1946 (Eniac).

[12] *Idem.* « Calculating Instruments and Machines », Univ. of Illinois Press (sous presse).

[13] HARVARD UNIVERSITY. *Annnals of the Computation Laboratory*, **1**, Harvard University Press, 1946 (Harvard Mark I Calculator).

[14] *Idem. Ibid.* 16, Harvard University Press, 1948 (Revue des grandes machines calculatrices digitales).

[15] RAJCHMAN, J. Réf. [14], p. 133 (Tube pour emmagasinage électrostatique).

[16] Discussion de la Royal Society sur les machines à calculer, *Proc. Roy. Soc*, **A**, **195**, 265, 1948.

[17] SHARPLESS, T. K. Réf. [14], p. 103 (Emmagasinage à retard acoustique).

[18] TABOR, L. P. Réf. [14], p. 31 (Eniac).

[19] WILKES, M. V. *Electronic Engineering*, **19**, 104, 1947 (Eniac).

[20] WILKES, M. V., et RENWICK, W. *Ibid.*, **20**, 208, 1948 (Emmagasinage à retard acoustique).

[21] WILKES, M. V. Réf. [16], p. 275.

[22] WILKINSON, J. H. Réf. [16], p. 285.

[23] WILLIAMS, F. C., et KILBURN, T. *Nature*, **162**, 487, 1948 (Machine expérimentale à emmagasinage électrostatique).

[24] WILLIAMS, F. C. Réf. [16], p. 279.

[25] WILLIAMS, F. C., et KILBURN, T. *J. Instn Elect. Engnrs.* (Emmagasinage électrostatique) (sous presse).

[26] WILLIAMS, S. B. Réf. [14], p. 41 (B.T.L. Calculateur à relais).

Le dessin scientifique

GEOFFREY LAPAGE

Le dessin scientifique a un but essentiellement utilitaire: il faut enregistrer graphiquement certaines caractéristiques de l'objet décrit, celles que le savant considère comme significatives. Ainsi l'art scientifique diffère-t-il de l'art pur, et l'attrait esthétique que possèdent parfois des dessins scientifiques est secondaire, mais cependant pas toujours fortuit. M. Lapage décrit quelques chefs-d'œuvres du dessin scientifique, avec des illustrations à l'appui.

Dans cet article on considère des dessins dus à des hommes de science. Ces dessins devaient, en tout premier lieu, indiquer sous une forme pictoriale, des faits observés scientifiquement. On peut ainsi, au moins en théorie, les considérer comme fondamentalement différents des dessins artistiques. On ne peut discuter ici ni la nature de cette différence, ni si un savant, ou quelque être humain, peut éliminer complètement l'art de son dessin. Une telle discussion entraînerait une analyse des buts respectifs du savant et de l'artiste, et nous ferait sortir du cadre d'un article bref.

Les quelques dessins reproduits ici n'ont bien sûr pas la prétention de donner une idée sur la multitude qui mérite notre admiration. Il faut les considérer seulement comme le choix plus ou moins arbitraire d'un individu; d'autres pourraient sans doute choisir très facilement une série différente, qui conviendrait aussi bien à cet article. L'auteur le pourrait lui-même. Il y a tant de beaux exemples de l'habileté des savants à dessiner qu'il a fallu se limiter étroitement dans le choix. D'abord, on s'est limité à des dessins dus à des savants qui ne sont plus vivants; et ensuite à des dessins qui n'illustrent qu'une branche de la science. On a choisi l'étude de la structure et de l'architecture des animaux, et fait une sélection de dessins d'un certain nombre d'animaux d'espèces différentes.

Le nom qui vient immédiatement à l'esprit quand on parle de dessins de l'anatomie d'êtres vivants est celui de Léonard de Vinci (1452–1519). On avait d'abord mis un des dessins du maître dans notre série d'illustrations, mais on l'a enlevé ensuite, d'abord parce que les dessins de plantes et d'animaux de Léonard de Vinci sont très connus, et ensuite parce que pas un de ses dessins de ce genre ne pourrait illustrer de façon convenable la variété de ses techniques, ou la maîtrise de son art. De plus, les dessins de Léonard de Vinci posent de façon aigüe le problème mentionné déjà que nous n'avons pas la place de traiter. L'influence de son travail est si pressante, et la science et l'art se mêlaient si bien en lui qu'il est toujours difficile de décider si, lorsqu'il dessinait l'allure d'un animal ou d'une plante, il se comportait strictement ou non comme un homme de science.

Bien sûr, bien des dessins scientifiques posent le même problème. Il réapparaît de façon certaine, par exemple, dans la belle eau-forte, représentant une carpe, qu'on voit sur la figure 8. Ce dessin, fait entre 1554 et 1558 est l'œuvre du compatriote de Léonard de Vinci, Hippolyte Salviani, qui était médecin à Rome. La belle qualité du trait, la répartition de l'ombre et de la lumière, l'équilibre délicat du dessin tout entier, et la vie et la beauté qu'il lui a communiqué sont vraiment remarquables. En jetant un coup d'œil au volume [1] dont on a tiré ce dessin, on verra que Salviani, si bon médecin qu'il pût être, avait en lui une nature artistique qui le disputait à ses goûts scientifiques, et aussi qu'il était un maître de cette technique particulière.

Comme autre dessin remarquable d'un contemporain italien de Salviani, le sénateur bolonais Carlo Ruini (1530–98), il y a le dessin d'une tête de cheval qu'on voit sur la figure 5. Cet exemple d'une technique du trait différent est célèbre à juste titre parmi les étudiants d'anatomie comparée. Sans compter son intérêt historique et scientifique, il a une qualité décorative qui n'a rien à voir avec la science. On l'a tiré du livre attrayant [2] du professeur F. J. Cole sur l'histoire de l'anatomie comparée.

Nous orientant maintenant vers une autre technique, la gravure sur bois, nous franchissons deux siècles pour donner en exemple, sur la figure 4, le travail d'un homme qui n'était pas seulement naturaliste et étudiant de l'humanité, mais encore un grand maître de cette technique difficile. Les bois gravés de Thomas Bewick (1753–1828) sont célèbres à si juste titre qu'il n'est nul besoin de les

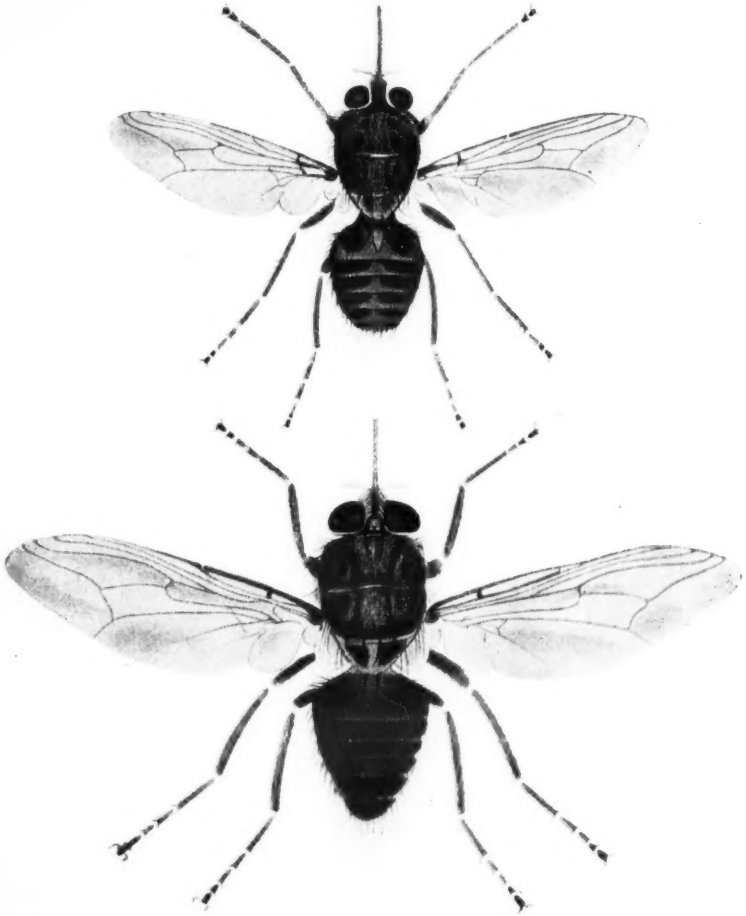


FIGURE 1 – *Peinture de mouches tsé-tsé par feu le professeur R. Newstead* (1924).

FIGURE 2 –*Illustration: un insecte* (Proctotrupes areolator), *peint par John Curtis pour sa* British Entomology (1839).

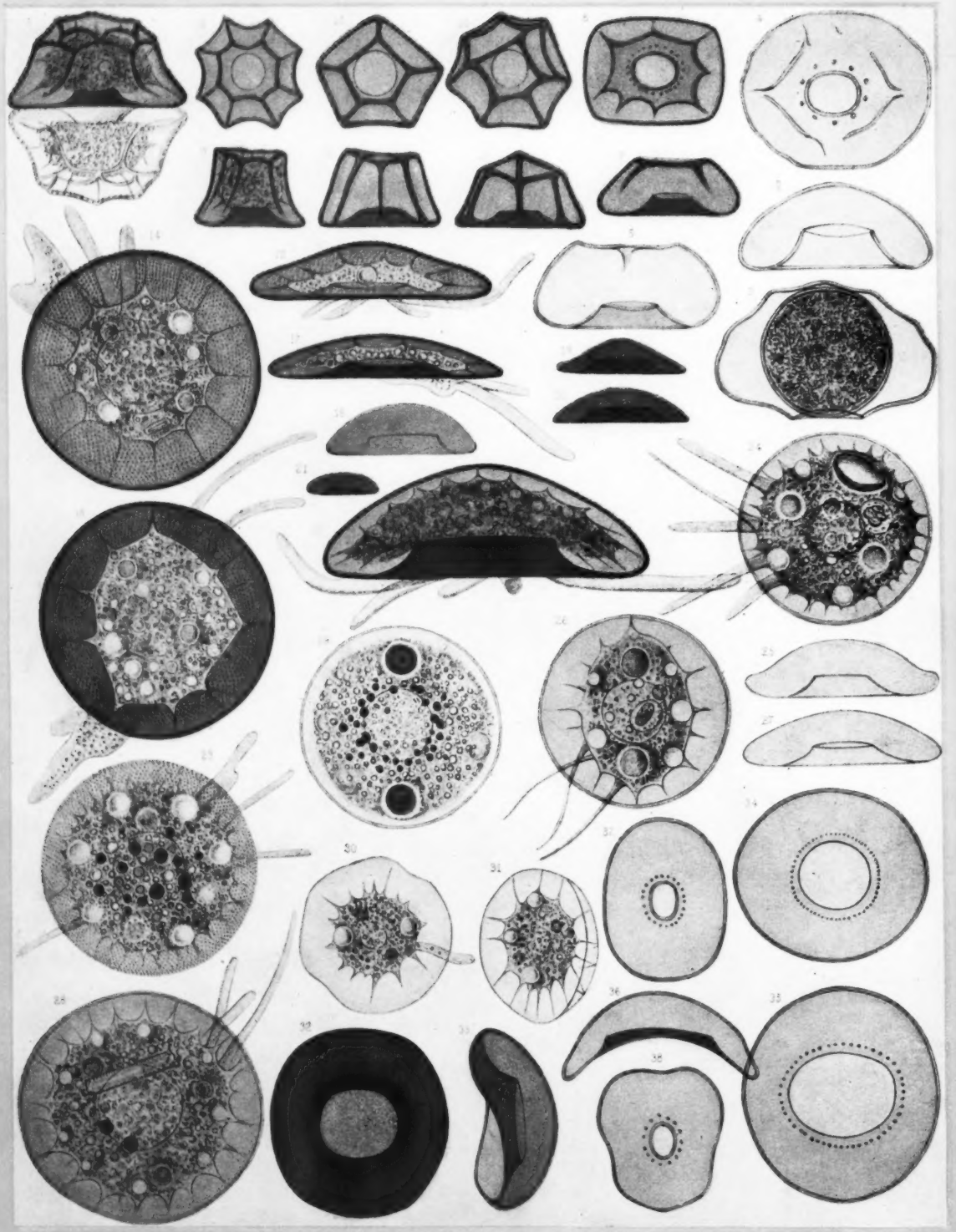


FIGURE 3 – *Illustrations de J. Leidy pour son* Report of the United States Geological Survey of the Territories (1878).

commenter ici. Ce dessin d'un chat-huant, une parmi les nombreuses illustrations remarquables de son *History of British Birds* [3], met bien en évidence un des caractères de sa technique qui a fait sa réputation, c'est-à-dire, l'emploi renouvelé dans les gravures sur bois, d'espaces et de lignes blanches. Son œuvre est aussi redevable à l'introduction contemporaine du buis travaillé à contre-fil dans ce genre de dessin.

La gravure sur bois, si clairs, si expressifs, si beaux que soient ses résultats entre les mains de ceux qui la possèdent, n'est pas la technique qu'emploiera naturellement un savant occupé, attentif avant tout à rapporter certains faits sous forme pictoriale. Comme les croquis, la gravure sur métal, et le dessin direct sur pierre lithographique, elle nécessite un degré d'habileté et un amour du métier qu'on s'attend à trouver plutôt chez l'artiste que chez le savant. Cependant, toutes ces techniques ont été utilisées par des savants, bien qu'on puisse se demander si ce sont vraiment les savants qui les ont employées qui ont gravé le bois ou le metal, ou dessiné sur pierre lithographique. Souvent ils ont fait des dessins, gravés ou lithographiés ensuite par des graveurs ou des lithographes professionnels si bien que beaucoup de dessins scientifiques reproduits suivant cette technique sont en fait des copies des dessins faits par les savants. A. D. Michael nous dit que les belles illustrations de ses monographies à la Ray Society sur les acariens oribatides ont été dessinées pour lui sur pierre lithographique par les lithographes Rhein et Knight, dont il reconnaît avec gratitude le soin et l'habileté. Ernst Haeckel, dont les dessins des squelettes microscopiques remarquables des radiolaires marines sont célèbres à si juste titre, nous dit sa dette de reconnaissance envers son graveur, Adolphe Giltsch, qui a collaboré dix ans avec lui sur ce travail particulier; mais Haeckel nous donne assez de preuves dans cette grande monographie, et dans ses travaux sur les méduses et autres cœlentérés, qu'il était lui-même un dessinateur remarquable.

D'autres, qui ont dû s'en remettre aux graveurs ou lithographes professionnels, ont été justement déçus par les tirages. P. H. Gosse, par exemple, dont on parlera encore ci-dessous, eut un mal infini pour les illustrations de ses livres, et en dessina lui-même certaines sur pierre lithographique; mais la mauvaise qualité de la couleur des illustrations publiées effectivement, lui fit prendre un soin exceptionnel pour les illustrations de son livre *The Aquarium*, publié en 1854. Celles-ci, raconte

FIGURE 4 – *Chat-huant: bois gravé préparé par T. Bewick pour son* History of British Birds.

son fils éminent, Sir Edmund Gosse [5], réalisent une œuvre d'« une beauté sans égale » et « font époque dans les annales de l'illustration du livre anglais ».

Comme autre chercheur passionné mécontent des lithographies en couleur de ses propres dessins, nous trouvons l'Américain Joseph Leidy. Un spécimen de son travail est reproduit sur la figure 3. On voit, sur cette illustration, quelques-uns des nombreux et magnifiques dessins en couleurs, ainsi que ceux en noir et blanc qu'il a fait pour illustrer son grand travail [6] sur les rhizopodes d'eau douce de l'Amérique du Nord.

Deux autres lithographies reproduites sur les figures 9 et 10 illustrent les résultats que peut donner cette technique sans employer la couleur. La première (figure 9) est tirée de la monographie bien connue sur les tiques et les mites par l'expert français, P. Mégnin [7] et illustre bien la délicatesse et la clarté des effets que peut produire cette méthode. La deuxième (figure 10) est due au zoologiste anglais Herbert Fowler [8]. Elle démontre comment on peut employer une lithographie non seulement pour rapporter des faits scientifiques, mais tout aussi bien pour les interpréter à l'usage de l'étudiant.

Egalement destinés à interpréter la structure des animaux, aussi bien qu'à la rendre telle qu'elle est, sont les dessins reproduits sur les figures 7 et 11. Ce sont autant d'exemples d'un genre de dessin qu'on peut appeler éducatif. Ils

FIGURE 5 – *Tête de cheval, avec les muscles, les vaisseaux sanguins, les nerfs et les glandes, dessinée par C. Ruini* (1598). (*Tirés de l'*History of Comparative Anatomy, *du professeur P. J. Cole, publiés par Macmillan and Co. Ltd.*)

ne donnent pas tous les détails structuraux scientifiques; ils en choisissent et les mettent en évidence de telle sorte que, d'un coup d'œil, l'étudiant peut se représenter avec précision dans trois dimensions l'architecture des animaux dépeints. La figure 7 où sont employées la couleur, les traits, en noir et en blanc, est l'un des nombreux dessins de ce genre qui illustrent le traité de zoologie bien connu de Yves Delage et Edgard Hérouard [9]. Ce dessin particulier explique la structure d'un organisme du type de la méduse, *Porpita*.

La figure 11, due à Sir Edwin Ray Lankester [10], arrive rien que par le trait, ou par le trait avec addition de hachures ça et là, aux mêmes résultats d'interprétation éducative. Il y a un grand nombre de dessins similaires, la plupart relativement modernes, qui ne contiennent pas seulement l'élément descriptif commun à tout dessin scientifique mais aussi un élément créateur, fruit du savoir et de l'expérience du savant qui fait le dessin. C'est dans ce sens qu'ils ressemblent à tous les dessins d'artistes, mais leur qualité personnelle n'est pas, comme celle d'un dessin d'artiste, émotionnelle; elle est intellectuelle. La qualité humaine du savant n'apparaît pas dans son dessin; il n'y apparaît que son cerveau qui interprète. Il a, pour ainsi dire, projeté son expérience dans l'objet dessiné, et par là, a créé un être d'imagination qui concrétise les connaissances scientifiques de son époque sur cet objet.

Parmi d'autres dessins de ce type, mes lecteurs biologistes penseront aux dessins de E. S. Goodrich pour illustrer son grand travail sur les organes excréteurs du rein, et d'autres caractéristiques anatomiques des vertébrés; le schéma de Ray Lankester d'un mollusque ancestral, où se retrouvent les particularités structurales primitives, dont on peut faire dériver les caractères anatomiques de tous les mollusques; les vues stéréoscopiques employées par J. S. Kingsley et d'autres, pour représenter l'architecture des vertébrés; et les illustrations de l'ouvrage classique de Sir D'Arcy Thomson, *Growth and Form*.

Il reste à commenter les trois dessins en couleur de R. Newstead (figure 1), John Curtis (figure 2) et P. H. Gosse (figure 6). L'aquarelle de P. H. Gosse, publiée ici pour la première fois, est reproduite à partir de la peinture originale entre les mains du Docteur Philip Gosse, qui nous a donné aimablement, et bien volontiers, la permission de la reproduire. On l'a trouvée parmi d'autres peintures originales et non publiées de P. H. Gosse, que l'auteur a eu le privilège de voir. La délicatesse de toutes ces peintures, la sûreté de main qu'elles indiquent, leur précision, et la qualité remarquable de leur technique révèlent clairement le talent artistique considérable que P. H. Gosse consacra à l'étude scientifique des animaux. Sans doute cela venait-il de son père, un miniaturiste, et peut-être tenait-il de lui son habileté à copier exactement les belles nuances et les détails de structure des animaux qu'il a étudiés. Sir Edmund Gosse [5] a dit que l'intérêt de son père dans les sciences naturelles était surtout « esthétique et poétique, dépendant de ce qu'il y avait de beau et de curieux dans les formes ». En tout cas, son ardeur à faire de beaux dessins précis des animaux qu'il collectionnait, était remarquable.

Gosse n'était bien sûr qu'un des membres d'un groupe de naturalistes qui ont illustré leur travail en noir ou en couleurs d'une façon qui excite l'admiration de quiconque s'intéresse au dessin. Certains d'entre eux ont survécu dans les beaux dessins qui font partie du trésor des bibliothèques britanniques; d'autres ne survivent que par l'hommage de ceux qu'ils ont influencés. Tel était ce contemporain de Gosse, le Révérend J. G. Wood, qui emportait avec lui dans ses grandes

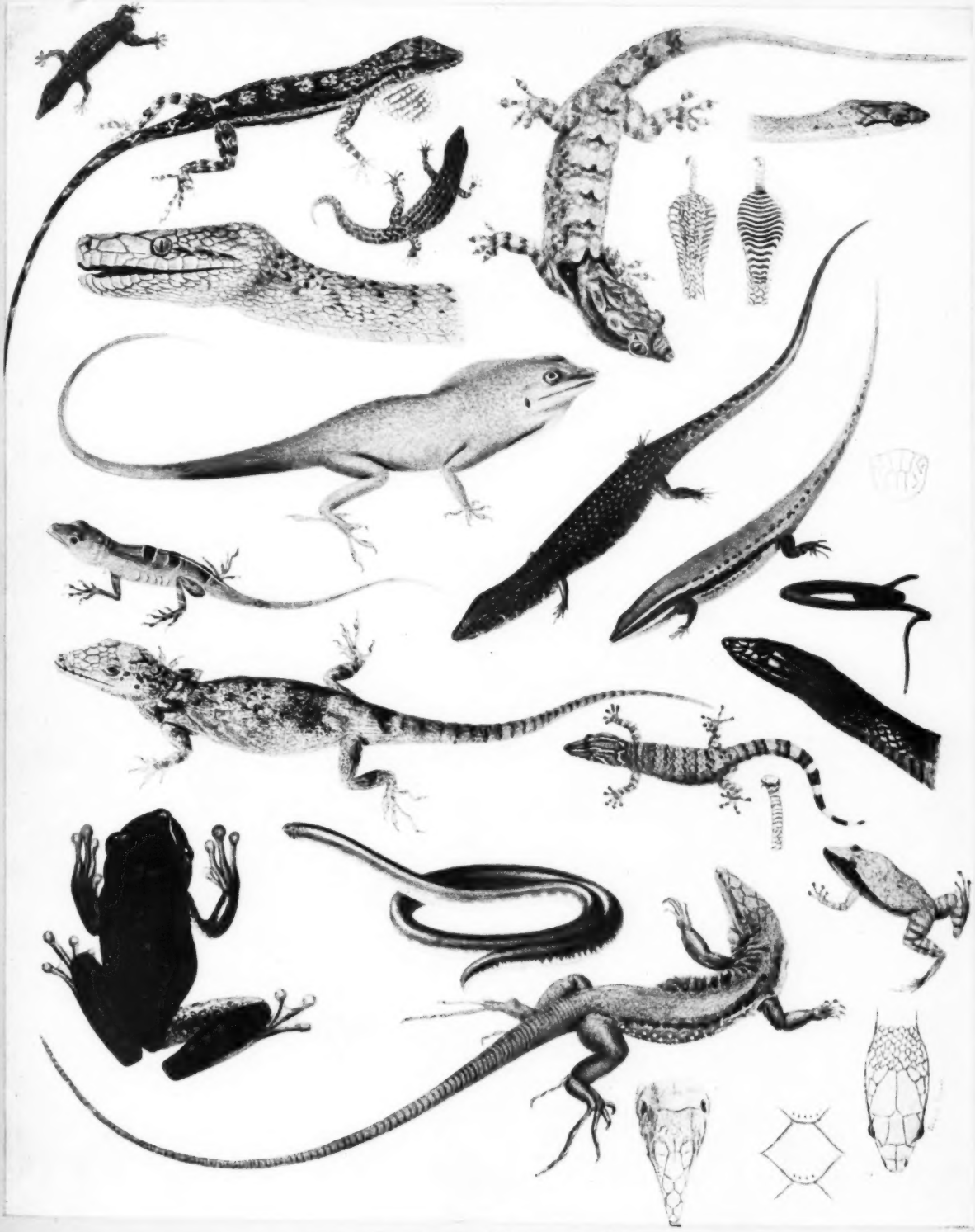


FIGURE 6 – *Aquarelle originale de P. H. Gosse.*

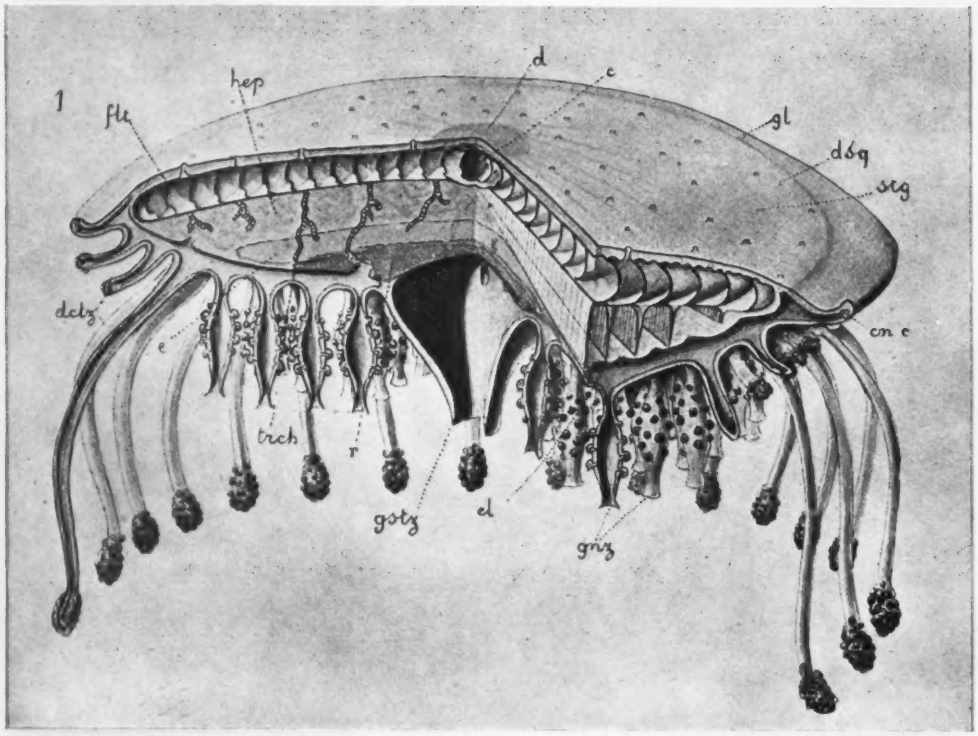


FIGURE 7 – *Illustration: une méduse* (Porpita), *tirée du* Traité de Zoologie Concrète *de Y. Delage et E. Hérouard* (1901).

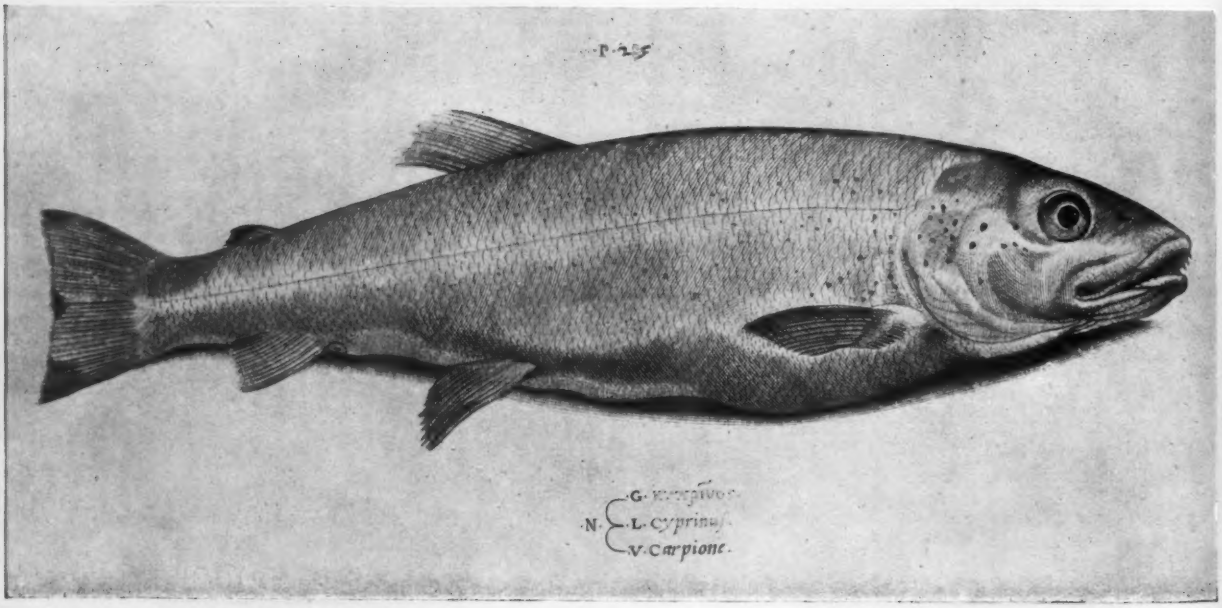


FIGURE 8 – *Eau-forte: Une carpe gravée, vers* 1556, *par Hippolyte Salviani.*

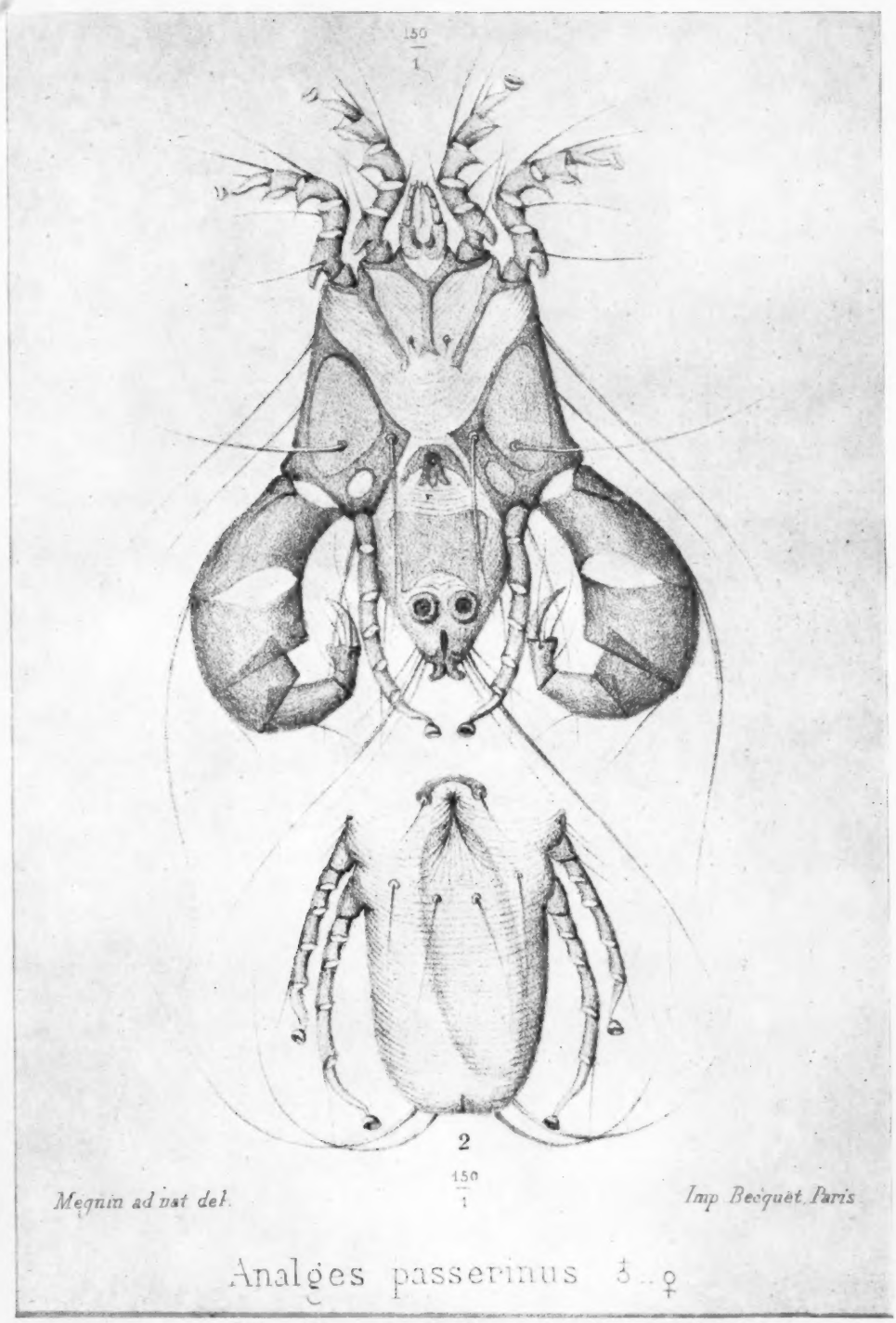


FIGURE 9 – *Lithographie: une tique* (Analges passerinus) *par P. Mégnin* (1895).

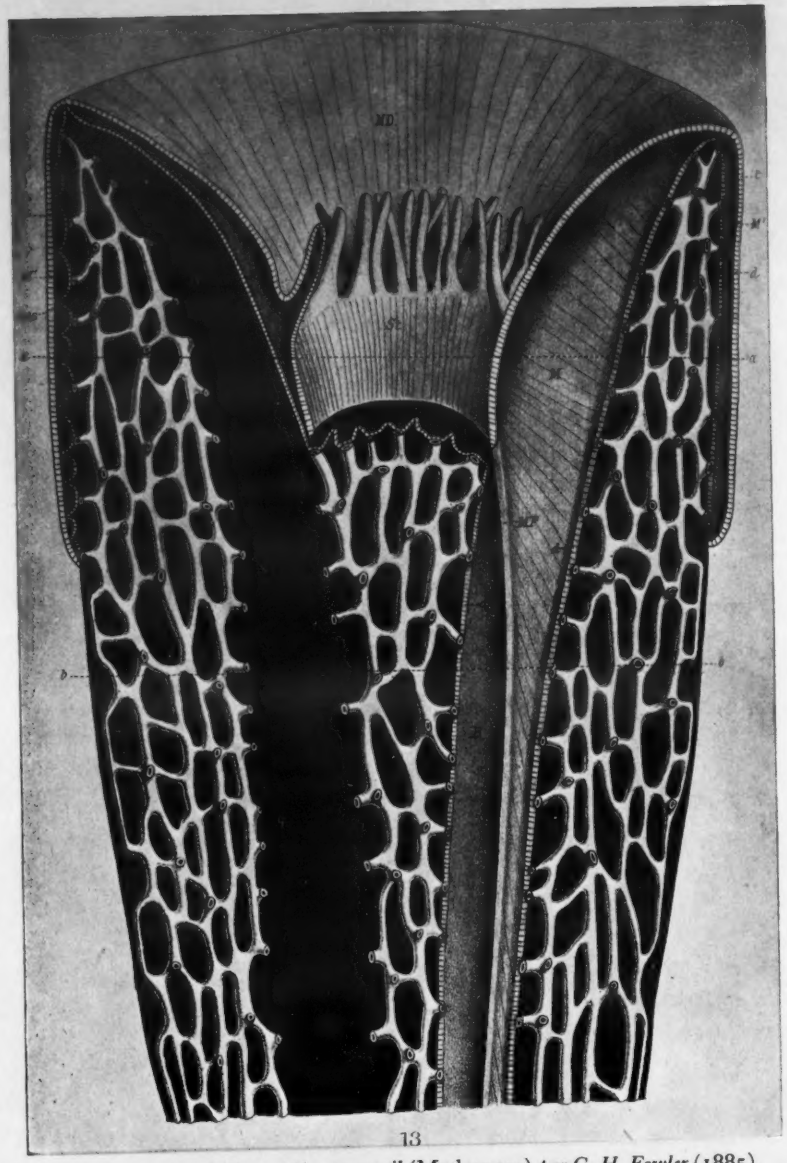


FIGURE 10 – *Lithographie: un corail* (Madrepore) *par G. H. Fowler* (1885).

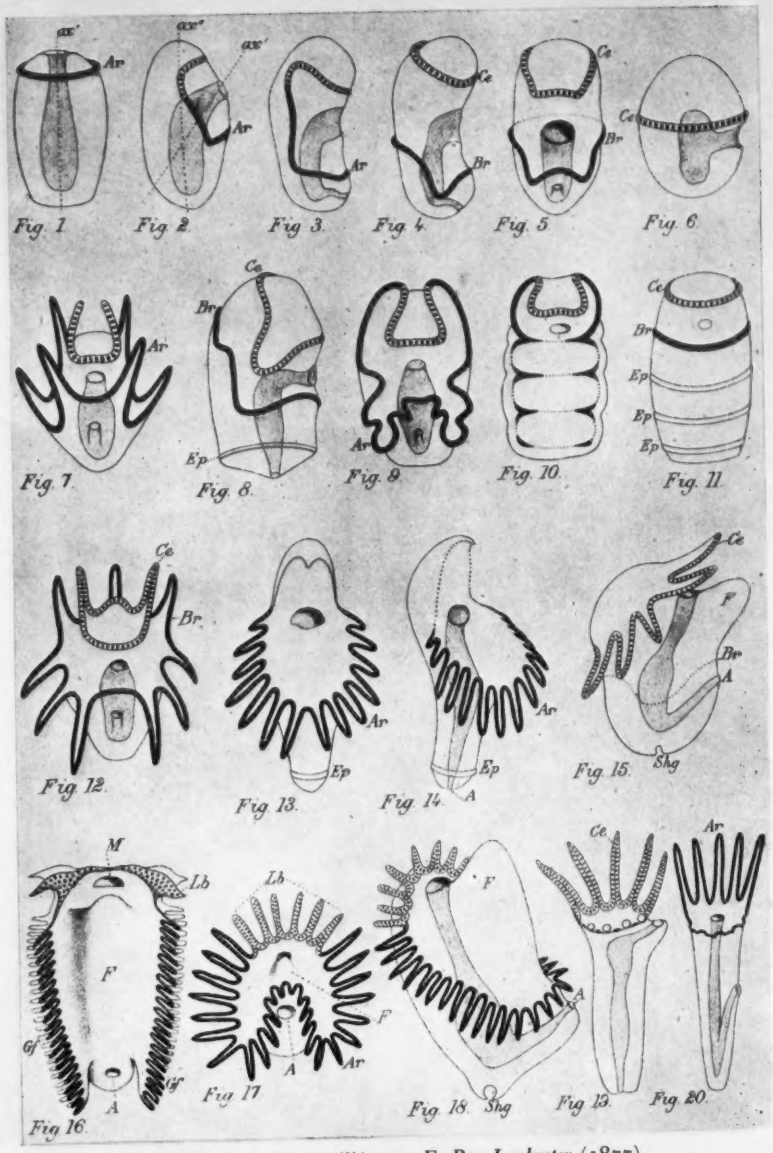


FIGURE 11 – *Larves ciliées par E. Ray Lankester* (1877).

tournées, une toile tendue sur un cadre de fer, sur laquelle il illustrait avec de la craie de couleur ses brillantes conférences d'histoire naturelle. Il y a eu aussi, comme nous le savons tous bien, d'innombrables professeurs dans nos universités, dont les dessins éphémères au tableau noir n'ont pas seulement instruit, mais encore charmé et émerveillé ceux qui les voyaient et en tiraient profit.

Les deux autres peintures qui complètent notre petite série d'illustrations sont dues toutes deux à des entomologistes. John Curtis, dont on voit le travail sur la figure 2 était un naturaliste qui avait comme Gosse, voué sa vie à son œuvre. On a tiré ce dessin, beau et délicat, du dernier volume (le 16ème) du livre bien connu de l'auteur: *British Entomology* [11]. On l'a choisi dans ce volume parce que Curtis dit dans sa préface que les planches du dernier volume sont de lui. Dans les autres volumes, dit-il, certaines illustrations sont l'œuvre d'artistes qu'il a appelé à son aide pour compléter ce traité considérable — voilà, en passant, un exemple remarquable de la pratique ancienne, devenue rare maintenant, de couvrir le coût d'une œuvre peu profitable financièrement pour son auteur en demandant de souscrire à l'avance. Le travail prolongé, le soin dévoué, le haut degré de perfectionnement technique de cette publication, et de tant d'autres publiées de la même façon sont des traits de la vie scientifique d'autrefois. Aujourd'hui, où tout le monde est pressé, on préfère trop souvent la photographie, et on a tendance à abandonner à des professionnels l'illustration des travaux scientifiques.

Ça et là, pourtant, la vieille tradition survit, comme le prouve cette peinture de mouches tsétsé (figure 1), due à feu le professeur Newstead [12] du « School of Tropical Medicine » de Liverpool. Cela indique que Newstead, dont la réputation de dessinateur parmi les biologistes était mondiale, et profondément respectée, était bien qualifié pour maintenir vivante cette dévotion à l'illustration convenable d'un ouvrage de biologie, qui a toujours été, et reste encore la marque du maître dans cette branche de la science. Son travail réalise magnifiquement la liaison entre les beaux exemples de talent scientifique que nous ont laissés ses prédécesseurs, et les dessins remarquables que les biologistes vivants, impatients de profiter des progrès de l'imprimeur en matière de reproduction, nous fournissent aujourd'hui si abondamment.

REMERCIEMENTS

Les illustrations photographiques de cet article ont été prises dans le *Zoology Department*, à l'Université de Cambridge, et l'auteur exprime sa reconnaissance au professeur Gray, qui lui a permis de mettre à profit les excellentes ressources techniques du Zoology Department, et lui a ouvert la Balfour Library. Il remercie aussi les aides scientifiques du professeur Gray, qui lui ont fourni assistance, et le bibliothécaire de la Balfour Library et d'autres qu'il a consultés sur le choix des illustrations. Il exprime ses remerciements à la Company of Biologists Ltd, qui lui a permis d'employer les dessins reproduits sur les figures 10 et 11.

BIBLIOGRAPHIE

[1] SALVIANI, HIPPOLYTO. « Aquatilium Animalium Historiae », Vol. 1, Rome, 1558.

[2] COLE, F. J. « A History of Comparative Anatomy », Fig. 32, Macmillan et Co. Ltd., Londres, 1944.

[3] BEWICK, THOMAS. « A History of British Birds », Vol. 1: The History and Description of Land Birds, p. 53, Newcastle.

[4] MICHAEL, A. D. « British Oribatidae », Vol. 1, 1883; Vol. 2, 1887, The Ray Society, Londres.

[5] GOSSE, SIR E. « The Life of Philip Henry Gosse », Kegan, Paul, Trench, Trübner et Co., Londres, 1890.

[6] LEIDY, J. « Report of the United States Geological Survey of the Territories », Vol. 12: The Freshwater Rhizopoda of North America, Government Printing Office, Washington, 1878.

[7] MÉGNIN, P. « Les Parasites Articulés chez l'Homme et les Animaux Utiles », Masson et Cie, Paris, 1895.

[8] FOWLER, G. HERBERT. *Quart. J. Micr. Sci.*, **25**, Planche 51, 1885.

[9] DELAGE, YVES, and HÉROUARD, EDGARD. « Traité de Zoologie Concrète », Vol. 2, Part 2, Planche 31, Schleicher Frères, Paris, 1901.

[10] LANKESTER, SIR E. *Quart. J. Micr. Sci.*, **17**, Planche 25, 1877.

[11] CURTIS, JOHN. « British Entomology », Vol. 16; Planche 744: *Proctotrupes areolator* (Hymenoptera). Imprimé pour l'auteur, Londres, 1839.

[12] NEWSTEAD, R. « Guide to the Study of Tsetse Flies », Planche 1, The University Press of Liverpool Ltd. et Hodder & Stoughton Ltd., Londres, 1924.

Hémoglobine fœtale

J. C. KENDREW

En raison de son importance dans le domaine pratique et de l'intérêt qu'il présente en soi, on a étudié de très près le problème de la circulation fœtale. Ces recherches ont permis d'établir non seulement que — contrairement à la croyance populaire — le sang maternel et celui du fœtus ne se mélangent jamais, mais que l'hémoglobine contenue dans les deux sangs possède des différences importantes quoique peu apparentes.

Il est encore une superstition populaire selon laquelle c'est le sang de la mère qui circule dans les veines et les artères de l'enfant, avant la naissance. En fait, les deux sangs ne se mélangent jamais, quoique naturellement ils soient en contact étroit dans le placenta, organisme dont la fonction principale est précisément d'assurer que les deux circulations soient en relation assez poussée.

C'est évidemment l'hémoglobine des globules rouges qui transporte l'oxygène dans le sang. Cette combinaison réversible de l'hémoglobine à l'oxygène est illustré dans la figure 8 (A) qui montre que, là où la pression de l'oxygène est élevée — c'est-à-dire dans les poumons — l'hémoglobine est largement oxygénée, tandis que dans les régions de basse pression — dans les capillaires — elle laisse s'échapper la majeure partie de son oxygène.

Si l'on suppose que le sang maternel et le sang du fœtus aient des courbes de dissociation de l'oxygène identiques, il est évident que l'oxygène sera transporté dans la direction requise; en effet le sang artériel « oxygéné » de la mère cèdera de l'oxygène au sang veineux désoxygéné du fœtus, l'oxygène traversant la membrane placentaire par variation de pression.

COURBE DE DISSOCIATION DE L'OXYGÈNE DE L'HÉMOGLOBINE FŒTALE

Pourtant, de toute évidence, la vie requiert un meilleur système, puisque des modifications se produisent et dans le sang maternel et dans le sang fœtal, pour assurer un échange d'oxygène plus efficace. Ces modifications ont pour résultat une différence sensible entre les courbes de dissociation de l'oxygène du sang de la mère et celui du fœtus [1]. La figure 9 montre des courbes-types (pour la chèvre) ainsi que la courbe normale de l'adulte non fécondé: on remarquera que, par rapport à cette dernière la courbe du fœtus est déplacée vers la gauche et celle de la mère vers la droite. Cela indique que pour toute pression d'oxygène donnée, le sang fœtal devient plus oxygéné que le sang maternel. En conséquence, le transfert d'oxygène en direction voulue à travers la membrane placentaire est considérablement accéléré.

Le déplacement de la courbe maternelle s'explique aisément: il est dû à l'accroissement de l'acidité du sang maternel pendant la grossesse. Des expériences effectuées sur du sang d'adulte normal ont montré que l'on pouvait produire artificiellement un déplacement identique de la courbe vers la droite en diminuant le *p*H (figure 10); cet effet, connu sous le nom d'effet de Bohr, prend place sans variation significative dans la forme de la courbe. De plus, l'hémoglobine extraite, comme protéine pure, du sang de la mère (en état de gestation) présente la même courbe de dissociation que celle de l'hémoglobine d'adulte normale. Il n'existe aucune évidence d'une variation quelconque de l'hémoglobine d'adulte elle-même durant la grossesse.

La variation de la courbe fœtale, par contre, est une toute autre chose. En premier lieu, il n'apparaît aucune preuve d'un accroissement de la réserve alcaline dans le sang fœtal par rapport au sang d'adulte; on ne peut par conséquent invoquer un effet de Bohr renversé. De plus, la courbe fœtale est complètement différente par sa forme de la courbe adulte, et se montre plus hyperbolique et moins en forme de S (figure 8 (F)). Cette variation de forme de la courbe se retrouve dans les solutions d'hémoglobine fœtale pure aussi bien que dans le sang fœtal entier.

Les faits que nous avons décrits sont exacts en ce qui concerne la chèvre, et correspondent à peu près à la réalité chez la plupart des autres espèces sur lesquelles on a expérimenté.

Le cas de l'homme est complètement différent. En effet, quoique les hémoglobines humaines du fœtus et de l'adulte possèdent, comme les autres, des courbes de dissociation différentes, cette

différence est de sens inverse et la courbe fœtale est, des deux, la plus en S, et déplacée vers la droite par rapport à la courbe adulte. Par contre, si l'on considère les courbes respectives de sang entier, celle du fœtus est, comme dans les autres cas, déviée vers la gauche par rapport à celle de la mère.

LA DÉNATURATION DE L'HÉMOGLOBINE

La première mention d'une différence entre le sang de l'adulte et celui du fœtus fut faite dans un discours inaugural écrit en 1866 par E. Körber [2].

Körber étudiait la vitesse à laquelle diverses hémoglobines étaient dénaturées en solution alcaline forte — phénomène qu'il lui était aisé de suivre en surveillant le changement de couleur, du rouge vif de l'oxyhémoglobine au brun foncé de l'hématine — lorsqu'il remarqua que l'hémoglobine du fœtus humain, extraite, à la naissance, du sang placentaire, était dénaturée beaucoup plus rapidement que l'hémoglobine du sang adulte. Puis les travaux de Körber restèrent à l'abandon pendant de longues années. La conception selon laquelle les différences de propriété entre deux protéines manifestaient de véritables différences de structures ne se fit jour que lentement. Et c'est seulement au cours des cinquante dernières années que l'on a accordé aux protéines une structure moléculaire définie, au sens chimique du terme. La conception d'une protéine individuelle comme molécule à structure spécifique et caractéristique ne pouvait être acceptée qu'après le perfectionnement de diverses techniques pour le maniement des protéines et pour l'application à ces protéines de réactions et de méthodes chimiques précises.

FIGURE 1 – *Feu Sir Joseph Barcroft, F.R.S., qui fit durant de longues années des recherches fondamentales sur l'hémoglobine et la physiologie du fœtus. Il publia un ouvrage devenu classique intitulé* Researches on Pre-natal Life, *peu avant sa mort en* 1947.

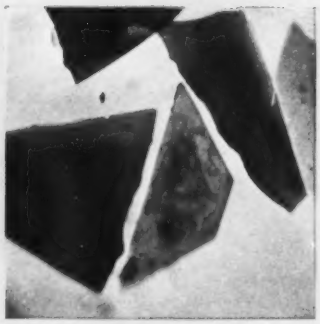
RESSEMBLANCES ET DIFFÉRENCES ENTRE L'HÉMOGLOBINE DE L'ADULTE ET CELLE DU FŒTUS

Pour se faire une idée exacte de la question, il nous faut d'abord souligner que les ressemblances entre les hémoglobines adulte et fœtale sont beaucoup plus frappantes que leurs différences. Toutes deux ont le même poids moléculaire (environ 67.000) chez toutes les espèces jusqu'ici étudiées. Dans chacune le groupe prosthétique (auquel s'attache l'oxygène) est le même, composé de porphyrine ferrique (ferroprotohème, voir figure 11) et dans les deux, chaque molécule de protéine contient quatre de ces groupes hèmes. Par suite, toute différence entre les deux hémoglobines est nécessairement due à des variations de la moitié protéique, celle que l'on appelle globine; et, là encore, en beaucoup de leurs propriétés les différences existant entre elles deux sont très légères et difficiles à déceler. Néanmoins, elles sont réelles, comme nous allons le montrer ci-dessous.

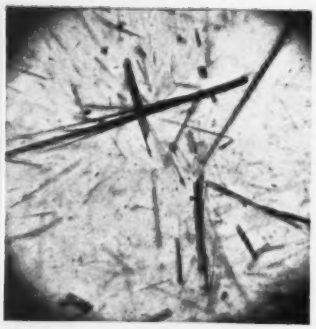
DIFFÉRENCES CHIMIQUES

Considérons en premier lieu les propriétés chimiques, et d'abord la composition en amino-acide. Aucune analyse complète n'a pu être effectuée mais on a relevé des signes évidents de variation dans les proportions de méthionine, d'*iso*leucine et d'histidine contenues dans les hémoglobines maternelle et fœtale des bovidés. De plus, l'hémoglobine de la femme adulte comprend cinq chaînes polypeptiques, tandis que celle du fœtus n'en comprend que deux ou trois [3].

Les premières expériences de Körber ont donné suite à des investigations plus approfondies dans la dénaturation alcaline de l'hémoglobine. Par exemple, Brinkman et Jonxis [4] ont montré que cette réaction suivait la loi monomoléculaire, c'est-à-dire que le logarithme de la quantité d'hémoglobine demeurée non altérée dans la solution, mis en équation avec le temps, donnait graphiquement une ligne droite; le sang du fœtus donnait lieu à des courbes légèrement descendantes (indication de haute résistance à la dénaturation) tandis que le sang de nourrissons amenait des courbes beaucoup plus inclinées. Enfin, aussitôt après la naissance, la courbe était sinueuse, indiquant un mélange d'environ 80% d'hémoglobine fœtale et 20% d'hémoglobine normale (figure 12). Ces résultats avaient été obtenus pour l'hémoglobine humaine, mais celle du lapin



a



b

FIGURE 2 – *Cristaux d'hémoglobine de mouton* (a) *adulte,* (b) *fœtus.* (× 30 *approx.*)

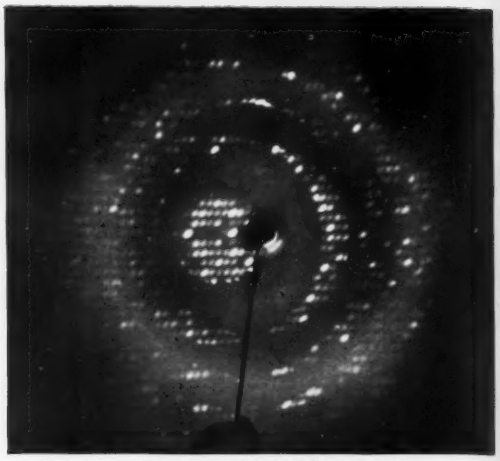


FIGURE 3 – *Photographie de diffraction des rayons X par un cristal d'hémoglobine de fœtus de mouton.*

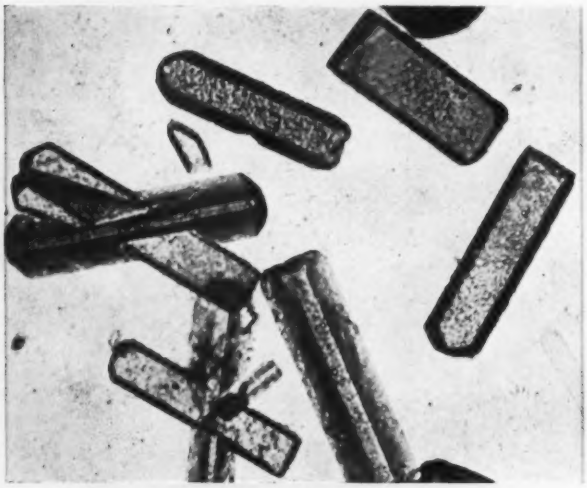


FIGURE 4 – *Methémoglobine adulte, cristallisée d'une solution de phosphate de potassium.* (× 130)

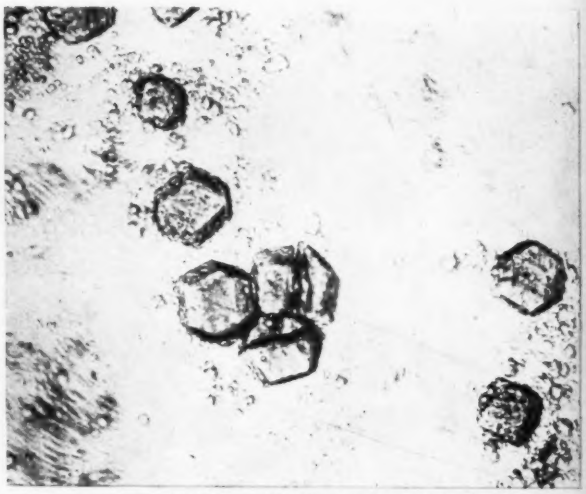


FIGURE 5 – *Methémoglobine fœtale, cristallisée d'une solution de phosphate de potassium.* (× 110)

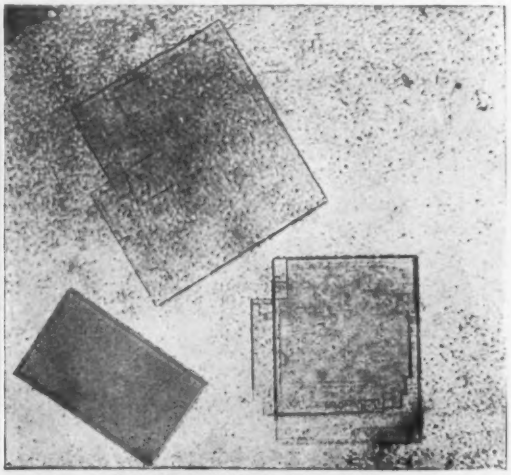


FIGURE 6 – *Hémoglobine adulte réduite, cristallisée d'une solution de sulfate d'ammonium.* (× 110)

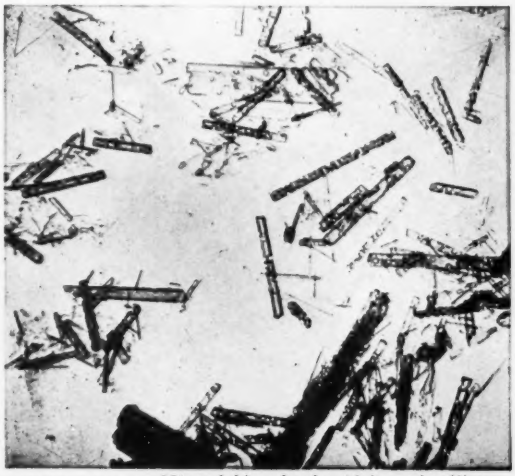


FIGURE 7 – *Hémoglobine fœtale réduite, cristallisée d'une solution de sulfate d'ammonium.* (× 110)

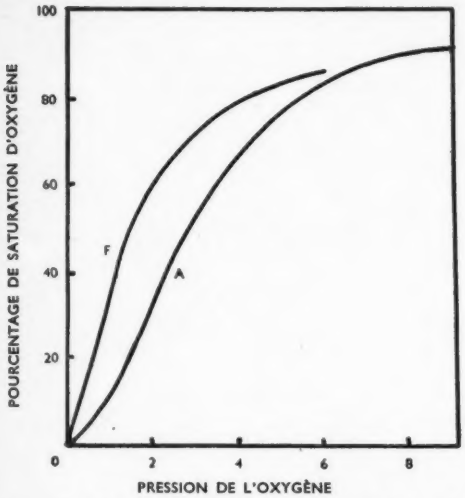


FIGURE 8 – *Courbes de dissociation de l'hémoglobine fœtale (F) et adulte (A) du mouton; pH 9,3, 19° C. (D'après R. Hill, 1935.)*

réagissait de façon semblable. Dans l'hémoglobine de la chèvre et celle des bovidés la situation est renversée, le sang du fœtus étant moins résistant que celui de l'adulte.

DIFFÉRENCES PHYSIQUES

Passons maintenant aux mesures physiques. L'une des propriétés les plus simples d'une protéine est sa solubilité, et c'est précisément en cela que les deux types d'hémoglobine diffèrent de la façon la plus marquante. Par exemple, l'hémoglobine d'un fœtus de vache est plus de six fois plus soluble en solution tampon de phosphates concentrés que celle de l'adulte [5]. On a constaté des différences semblables entre les hémoglobines humaines et ovines. Enfin, les deux catégories d'hémoglobine ont une charge électrique différente, et il est possible de les isoler par électrophorèse, le point isoélectrique variant de l'une à l'autre.

On a pu caractériser les hémoglobines fœtale et adulte par la vitesse à laquelle se répandait leur couche monomoléculaire respective sur la surface de l'eau, dans le réceptacle de Langmuir. La quantité à mesurer est la surface occupée par un poids donné de protéine sous une pression donnée, et en un temps donné à partir du moment où la protéine est placée à la surface du liquide. Cette surface est fonction du *p*H; elle est maximum au point isoélectrique. Mais pour chaque valeur du *p*H la vitesse d'étendue de l'hémoglobine humaine adulte est de beaucoup supérieure (presque dix fois) à celle de l'hémoglobine fœtale [4]. De plus, le *p*H pour lequel la vitesse d'étendue est maximum est différent dans les deux cas — conséquence normale de la variation entre les points isoélectriques.

Nous avons dit précédemment que le poids moléculaire de l'hémoglobine fœtale était le même que celui de l'hémoglobine adulte, soit 67.000. Cela est correct en gros, mais des mesures précises de la pression osmotique et de la constante de sédimentation ont montré qu'en solutions très

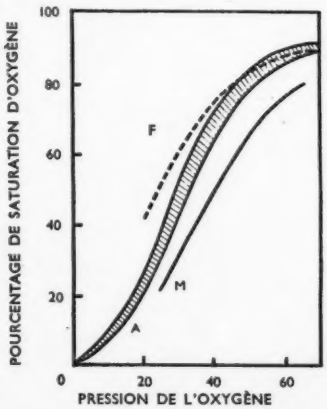


FIGURE 9 – *Courbes de dissociation du sang fœtal (F) et maternal (M) de la chèvre, relevées durant la dix-huitième semaine de vie du fœtus (pression du CO_2 50 mm). Les limites de normalité pour le sang adulte (non fécondé) sont indiquées pour comparaison (A). (D'après J. Barcroft.)*

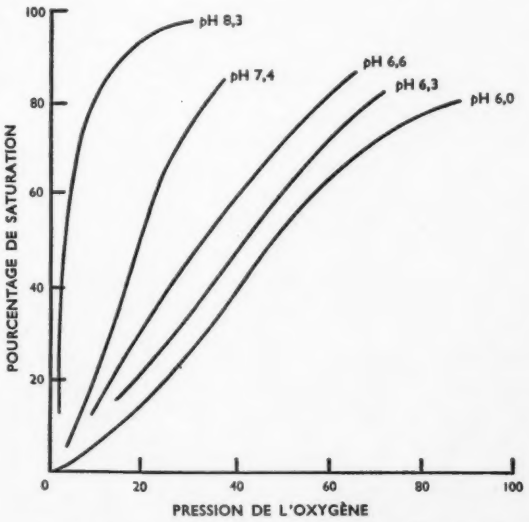


FIGURE 10 – *Courbes de dissociation de l'oxygène de l'hémoglobine à des pH différents, montrant le déplacement vers la droite avec l'augmentation d'acidité de la solution. En retraçant chaque courbe sur une échelle horizontale convenable on peut constater leur forme en S à peu près similaire. (D'après Adair.)*

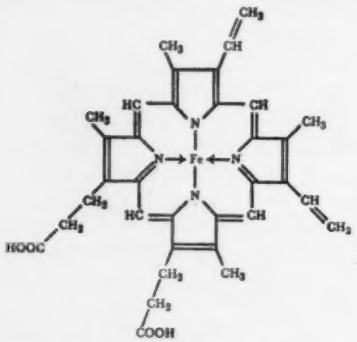


FIGURE 11 – *Ferroprotohème, groupe prosthétique de l'hémoglobine. Dans l'oxyhémoglobine une molécule d'oxygène s'attache à l'atome ferrique central.*

diluées (au dessous de 0,5%) certaines hémoglobines se scindent en sous-molécules, et que cette réaction est réversible. Dans l'une des espèces étudiées au moins (le mouton), on a constaté que dans de telles conditions les hémoglobines fœtale et adulte se comportaient de manière différente. L'hémoglobine du mouton adulte reste entière et indivise même en solution très diluée, tandis que celle du fœtus se scinde en deux ou même quatre sous-molécules.

DIFFÉRENCES BIOLOGIQUES

L'une des méthodes les plus délicates de différenciation entre deux protéines consiste dans l'étude de leur propriétés immunisantes. On injecte la protéine à examiner dans le sang d'un animal, lequel sang, stimulé par la protéine, forme un anticorps protéique. Cet anticorps circule dans le sérum et a la propriété de réagir contre toute addition de la même protéine étrangère (ou antigène) de façon à protéger l'animal contre les effets pernicieux de cette protéine, par exemple en formant avec elle un précipité. Le sérum contenant l'anticorps peut être prélevé sur l'animal et amené à réagir avec l'antigène *in vitro*. En tant que méthode d'identification des protéines, cette propriété des organismes vivants est de très grande valeur vu sa spécificité. Une protéine étrangère stimule la formation d'un anticorps, qui réagira sur cette protéine, et sur celle-là seulement. En réalité, cette spécificité n'est pas absolue; elle est néanmoins amplement suffisante dans le cas présent pour prouver la différence existant entre les hémoglobines humaines adulte et fœtale, car on a pu constater [6] qu'un anticorps produit expérimentalement, chez un animal, par l'une, n'a pas réagi avec l'autre, et vice-versa, quoique chaque anticorps produisit un précipité avec l'hémoglobine qui en avait provoqué la formation.

QUELQUES RÉCENTES INVESTIGATIONS

Il y a quelques années, Sir Joseph Barcroft (figure 1), maintenant décédé, suggéra à l'auteur de cet article l'emploi pour l'étude du problème de l'hémoglobine fœtale, de la méthode aux rayons X utilisée en cristallographie. En effet, certains chercheurs avaient précédemment noté des différences entre les formes cristallines externes de l'hémoglobine adulte et fœtale de la même espèce animale. On savait déjà que les cristaux d'hémoglobine adulte d'espèces différentes étaient eux-mêmes différents. Dans les plus récentes recherches, on utilisa l'hémoglobine de fœtus et d'adulte du mouton, et il fut évident dès le début de l'étude que les deux formes cristallines étaient entièrement différentes — du moins extérieurement — l'hémoglobine adulte donnant naissance à de lamelles triangulaires, tandis que l'hémoglobine fœtale formait de longues et fines aiguilles (figure 2). Par la suite on put constater, par la méthode des rayons X [7], que les deux types de cristaux étaient de symétrie et de groupe spatial différents, ceux provenant d'adultes appartenant

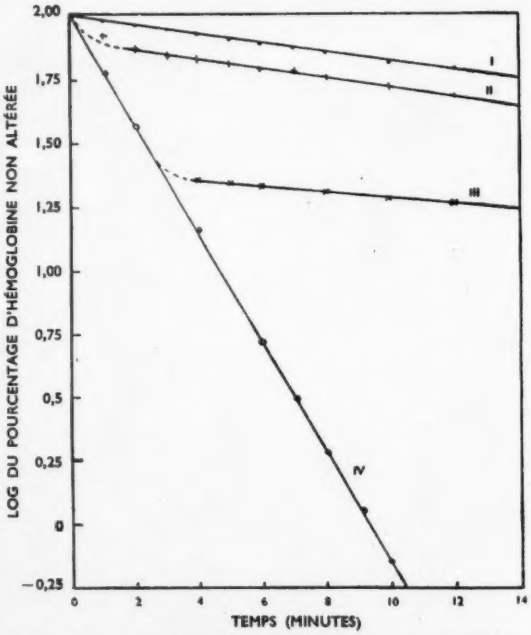


FIGURE 12 – *Vitesse de dénaturation alcaline de l'hémoglobine d'enfants d'âge différent, chaque vitesse mesurée à un* p*H de* 12,20 *à* 25° *C. I, prélevé de la veine ombilicale; II, enfant de sept jours; III, enfant de trois mois; IV, enfant de sept mois (D'après Brinkman et Jonxis.)*

au système monoclinique, ceux des fœtus au système orthorhombique. De plus, les dimensions des unités cellulaires et les motifs de diffraction aux rayons X étaient absolument différents (figure 3). Les résultats prouvaient donc que les deux hémoglobines de mouton possédaient nécessairement des structures moléculaires différentes. Depuis lors on a pu noter [8] des différences semblables entre les formes cristallines et la symétrie des hémoglobines humaines du fœtus et de l'adulte.

Tout dernièrement, une nouvelle controverse a pris naissance. Jonxis [9] a entrepris l'étude de l'Erythroblastose fœtale, maladie due au facteur d'incompatibilité de Rhésus chez les nouveau-nés, lequel a pour effet principal la destruction d'une proportion considérable de globules rouges, amenant fréquemment un résultat fatal. Jonxis estime que les hémoglobines adulte et fœtale ne se rencontrent pas ensemble dans les mêmes globules, mais que certains globules contiennent seulement de l'hémoglobine fœtale, tandis que d'autres renferment seulement de l'hémoglobine adulte. Et il affirme que dans la maladie précitée, les globules contenant l'hémoglobine fœtale sont détruits, tandis que ceux qui contiennent l'hémoglobine adulte demeurent plus ou moins inaltérés.

La technique qu'il emploie pour appuyer ses affirmations est celle de la vitesse de dénaturation alcaline. Baar [10] a critiqué les résultats de Jonxis en affirmant que la destruction sélective de certains globules est due, non pas au type d'hémoglobine qu'ils contiennent, mais à une sensibilisation spécifique de ces globules par le facteur de Rhésus.

CONCLUSION

Tous ces résultats, obtenus par des techniques diverses et à partir d'hémoglobine de nombreuses espèces, ne permettent plus de douter que l'hémoglobine fœtale et l'hémoglobine adulte d'une même espèce soient différentes. Mais il nous faut encore trouver la solution d'un second problème, beaucoup plus important, qui est celui de la signification de cette différence de structure. Ici, il faut avouer que nous ignorons pratiquement tout de la signification des différences existant entre les hémoglobines adultes des diverses espèces. Nous ne savons même pas si certaines différences sont seulement caractéristiques de la forme fœtale. L'hémoglobine du fœtus a généralement une courbe de dissociation oxygénée plus hyperbolique que celle de l'adulte, mais ce n'est pas toujours le cas (par exemple, l'homme). La vitesse de dénaturation alcaline de l'hémoglobine est, dans certaines espèces, plus grande chez le fœtus que chez l'adulte, dans d'autres moindre. Il semble impossible à l'heure actuelle de mettre de l'ordre dans ce chaos, et il nous faut supposer que la plupart des différences observées jusqu'ici sont, pour ainsi dire, accidentelles et étrangères à la fonction « adulte » et « fœtale » de l'hémoglobine. En attendant, on ne rencontre que des relations isolées; par exemple, on a remarqué que dans les espèces chez lesquelles l'hémoglobine du fœtus était moins résistante à la dénaturation, sa vitesse d'expansion en couches monomoléculaires était plus grande que celle de l'hémoglobine adulte. Nous ne concevons aucunement la raison pour laquelle il devrait en être ainsi, et il semble que l'on n'ira pas beaucoup plus avant dans l'étude du problème tant que l'on n'aura pas trouvé la solution d'un autre problème beaucoup plus vaste et beaucoup plus complexe, en d'autres termes, tant que l'on aura pas mis au clair les principes généraux de la structure protéique, et relié les propriétés semblables à celles dont nous venons de parler à des caractères chimiques et architecturaux définis, de la molécule protéique.

BIBLIOGRAPHIE

(Il n'est ici aucunement question de fournir une bibliographie complète sur le sujet: on trouvera en [1], [3], [5] et [7] une liste complète de références. Les figures 4–7 sont dues à Mrs H. M. Jope.)

[1] BARCROFT, J. « Researches on Pre-natal Life », Blackwell, Oxford, 1946. (Contient un rapport complet sur les courbes de dissociation.)

[2] KÖRBER, E. *Inaug.-Dissert.*, Dorpat, 1866.

[3] Cité dans WYMAN, J. « Advances in Protein Chemistry, **4**, 420, 1948.

[4] BRINKMAN, R., et JONXIS, J. H.P. *J. Physiol.*, **85**, 117, 1935.

[5] WYMAN, J., RAFFERTY, J. A., et INGALLS, E. N. *J. Biol. Chem.*, **153**, 275, 1944.

[6] DARROW, R. R., NOWAKOWSKY, S., et AUSTIN, M. H. *Arch. Path. Lab. Med.*, **30**, 873, 1940.

[7] KENDREW, J. C., et PERUTZ, M. F. *Proc. Roy. Soc.*, **A**, **194**, 375, 1948.

[8] JOPE, H. M., et O'BRIEN, J. R. P., 1948 (sous presse); PERUTZ, M. F., et WEISZ, O. *Nature*, Londres, **160**, 786, 1947; KENDREW, J. C., 1948 (données non publiées).

[9] JONXIS, J. H. P. *Nature*, Londres, **161**, 850, 1948.

[10] BAAR, H. S. *Nature*, Londres, **162**, 190, 1948.

Maladies cryptogamiques des fruits

R. W. MARSH

Les fléaux les plus destructeurs auxquels sont exposés les arbres fruitiers sont en règle générale les insectes; cependant ils sont aussi atteints par des maladies cryptogamiques importantes. Il en est particulièrement ainsi en Grande-Bretagne où la croissance des champignons est favorisée par l'humidité des étés. L'étude du cycle vital et de la structure des différents parasites incriminés conduisent cependant à une conception claire de la façon et de l'époque à laquelle les fongicides peuvent être utilisés le plus efficacement.

L'attention portée à un parasite reflète le standing économique de son hôte. Nous regardons avec une âme égale les attaques des insectes et des champignons contre la prunelle ou la pomme sauvage, mais les pertes occasionnées par des parasites attaquant les fruits cultivés découragent l'amateur et peuvent causer des dommages au professionnel. Ces attaques sont souvent extrêmement destructives, car les plantations de fruits fournissent un milieu particulièrement favorable au développement des épidémies.

Les mécanismes de défense naturelle des plantes sont beaucoup moins bien organisés que ceux des animaux. Les organes non ligneux (feuilles, fruits, jeunes pousses) sont enveloppés d'une simple pellicule cutinisée recouvrant la couche extérieure des cellules épidermiques. Dans les structures lignifiées plus anciennes, cet épiderme cutinisé est remplacé par un périderme composé de couches de cellules de liège, régénérées de l'intérieur par un tissu méristématique, le phelloderme. Si le périderme se rompt, exposant la couche mince de cellules corticales sous le phelloderme, ces cellules forment fréquemment un second phelloderme donnant naissance à du liège qui peut fermer la brèche du tégument protecteur intérieur. Le cylindre ligneux formant l'axe de la branche ou de la racine est formé de cellules modifiées et spéciales incapables de régénérer le liège blessé mais parfois capables de former une barrière en secrétant une gomme.

Ces défenses mécaniques de la plante ne comptent qu'en partie dans la lutte contre les attaques des parasites. Un champignon peut trouver à se loger sous les couches du tégument, mais ne pas continuer à parasiter les cellules de la plante simplement parce que leur protoplasme ne peut pas subvenir aux besoins de ce micro-organisme. La nature de cette résistance innée qui exerce un effet primordial sur la gamme de la pathogénie des champignons n'a pas été élucidée. Il y a parfois de grandes différences dans le degré de résistance parmi les variétés d'une seule espèce.

Le but recherché par la culture et la sélection des variétés a naturellement été l'augmentation et l'amélioration des produits comestibles. On n'a pas porté grande attention à la résistance au parasitisme comparée à celle portée aux qualités des produits récoltés. Les variétés cultivées sont donc plus aptes à contracter des maladies que leurs congénères sauvages. Les effets de cette susceptibilité sont augmentés par la méthode de plantation. Il est nécessaire, dans la production commerciale des fruits de rassembler un grand nombre d'arbres de même espèce en un même endroit. Dans un tel système de monoculture, un parasite d'une espèce donnée trouve des réserves alimentaires presqu'illimitées lui permettant de se multiplier à un taux dépassant de loin la capacité de ses ennemis naturels à le tenir en échec. Lorsqu'il s'agit de plantes annuelles, on arrête communément les maladies par assolement, mais des interruptions de ce genre ne peuvent évidemment arriver que très rarement lorsqu'il s'agit d'espèces vivaces telles que les arbres fruitiers.

MALADIES DES RACINES

La longévité des arbres fruitiers en Grande Bretagne — pommiers, poiriers, pruniers et cerisiers — peut être un peu inférieure à celle des arbres forestiers à bois tendre; il en résulte que toute infestation de la racine, dans un verger, a beau jeu pour s'étendre largement à la fois dans l'espace et le temps. Les couches subéreuses de l'écorce sauvegardent normalement les racines des arbres contre les champignons du sol à l'exception suivante près: le champignon *Armillaria mellea* est capable de pénétrer dans des racines intactes en enfonçant une apophyse papilliforme, quelquefois d'un quart de millimètre de diamètre, à travers l'écorce. La pénétration semble être le résultat de la combinaison d'une action mécanique

FIGURE 1 – *Fructifications d'*Armillaria mellea *à la base d'un pommier mort.*

FIGURE 2 – *Rhizomorphe d'*Armillaria mellea *sur une racine d'arbre. Le rhizomorphe envoie par en dessous des prolongements qui pénètrent l'écorce.*

FIGURE 3 – *Chancres sur des pousses de pommiers résultant de l'infestation par* Nectria galligena.

FIGURE 4 – *Croissance du mycélium de* Sphaerotheca mors-uvae *sur des groseilles.*

FIGURE 5 – *Lésion de* Venturia inaequalis; *on voit les taches provoquées par la tavelure sur les pommes.*

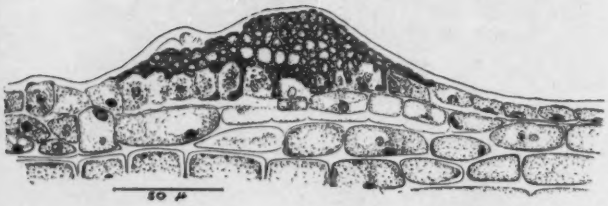


FIGURE 6 – *Lésion d'une pousse verte après une croissance de* Venturia inaequalis *de six jours. Le mycélium est en train de passer de la phase sub-cuticulaire à l'invasion de cellules épidermiques.*

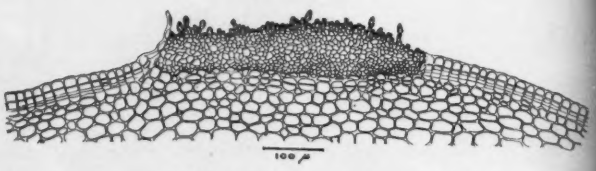


FIGURE 7 – *Infestation datant d'environ trois semaines. Le stroma du champignon est circonscrit par le périderme normal formé par les cellules non infectées de l'épiderme.*

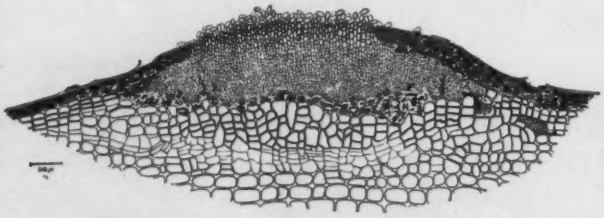


FIGURE 8 – *Une infection à fin octobre. Le champignon s'est étendu au-dessous de l'écorce à la périphérie de la lésion. Une couche subéreuse se forme dans l'écorce sous le stroma mais à droite de la section le champignon s'étend au-delà de cette barrière.*

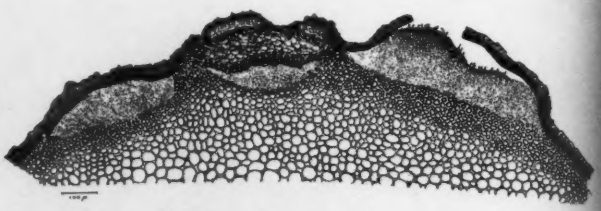


FIGURE 9 – *Une infection au mois de mars suivant. Pendant l'hiver, il s'est formé des pustules accessoires autour et sous le stroma original (maintenant recroquevillé). Il se forme des spores sur la pustule droite qui a rompu l'écorce.*

(*Les figures 6–9 sont reproduits avec l'aimable autorisation du* Journal of Pomology and Horticultural Science.)

et d'une action chimique. Cette invasion en masse submerge la possibilité des cellules corticales de sceller le tissu attaqué et le champignon continue ses progrès détruisant l'intérieur de la racine. Quand l'Armillaria s'est développé jusqu'à encercler le tronc, l'arbre meurt. Le parasite fructifie alors au niveau du sol — groupes de champignons vénéneux couleur de miel, d'où dérive leur nom, (figures 1 et 2).

Dans les plantations commerciales, la probabilité d'introduire le champignon est petite. Il y a des cas où il suffit de planter dans une région déboisée ou à l'emplacement d'une haie pour qu'il y ait irruption de racines pourries. Heureusement le champignon croît lentement, et une prompte extraction des arbres infectés est normalement une sauvegarde suffisante contre un développement ultérieur. Un problème qui attend toujours une solution est la découverte d'une méthode pratique pour débarrasser le sol de la contamination.

MALADIES DU TRONC ET DES BRANCHES

Dans les maladies cryptogamiques affectant les portions de l'arbre au-dessus du sol, la forme infestante est nécessairement transportée par l'air. En général il s'agit de toutes petites spores libérées en grand nombre par les fructifications des champignons. Comme ces spores tombent dans une atmosphère tranquille à une vitesse approximative de 1 cm par seconde, elles sont largement disséminées par les courants aériens et il en résulte que dans une plantation, les arbres fruitiers vivent souvent dans une atmosphère chargée d'infestation potentielle. La faculté des spores à commencer l'infestation dépend de l'apparition simultanée de plusieurs circonstances favorisant le parasite. Par exemple, *Stereum purpureum*, le champignon provoquant la « feuille argentée » des pruniers et autres membres de la famille des Rosacées, ne peut pousser que dans les tissus de l'arbre les plus anciens. La spore ne peut pas infester les feuilles ou les jeunes pousses et est incapable d'arriver à pénétrer une écorce intacte. L'infestation ne peut commencer qu'à la faveur d'une branche cassée ou d'un élagage offrant une surface de bois non protégée. Une spore de *Stereum purpureum*, atteignant une blessure fraîche est aspirée par les vaisseaux du bois ainsi exposés, où elle germe, donnant naissance à un mycélium qui s'étend sur le bois. Une toxine produite par les tissus infestés est transportée aux feuilles où elle sépare les cellules épidermiques du tissu situé en dessous. L'espace rempli d'air ainsi formé donne aux feuilles l'éclat argenté d'où la maladie tire son nom. Le champignon peut continuer à s'étendre dans le bois et éventuellement tuer tout ou partie de l'arbre produisant sur les branches mortes ces fructifications pourpres ressemblant à des crochets qui donnent naissance à la nouvelle génération de spores.

Le progrès de l'infestation dans la maladie des feuilles argentées peut être modifié par la réaction de l'hôte. Le Professeur F. T. Brooks et ses collaborateurs ont découvert que la croissance du parasite était quelquefois arrêtée par une « barrière de gomme » produite dans le bois. En outre, pendant les mois de juin, juillet et août cette barrière de gomme se forme avec une rapidité suffisante en dessous d'une surface exposée pour barrer l'entrée au champignon. En plus de cet effet saisonnier il y a aussi de grandes différences suivant les variétés. De nombreuses variétés de pruniers font preuve d'un pouvoir naturel à guérir des attaques de la maladie argentée de la feuille, et cette maladie, quoique toujours dangereuse pour certaines variétés est maintenant beaucoup moins redoutée.

Le cycle vital de *Nectria galligena* illustre un autre mode d'infestation des arbres fruitiers; ce champignon cause le chancre des pommiers et des poiriers. *N. galligena* parasite surtout les tissus ligneux, mais il envahit aussi l'écorce et peut, dans une certaine limite se développer sur le fruit. C'est, comme le *Stereum purpureum* un parasite qui prend naissance dans les blessures, mais les spores du *Nectria* n'infestent pas seulement les grandes blessures telles que celles résultant de branches cassées et de l'élagage mais les plus petites crevasses apparaissant dans les cicatrices des feuilles sur les jeunes pousses. Quand la feuille est tombée, le tissu exposé de la cicatrice sèche et se crevasse. Les spores de *Nectria* logées dans les cavités germent immédiatement pour former l'hyphe pénétrant les cellules corticales de la pousse. A l'automne ces cellules sont relativement inactives et souvent ne forment pas de phelloderme à temps pour arrêter la croissance du champignon. L'autre période d'infestation a lieu au printemps quand les portes d'entrée sont les crevasses de l'écorce qui accompagnent l'éclatement des bourgeons.

Le chancre peut se développer de façon à ceinturer une jeune pousse en quelques jours et amener la mort de la portion distale. Sur les branches plus âgées le chancre donne lieu à une lésion lenticulaire sur les bords de laquelle l'écorce forme des barrières de liège. La faculté de ce champignon d'envahir les cellules du bois lui permet de contourner ces barrières et la répétition du phénomène donne au chancre sa surface rugueuse (figure

3). Entre les rangées successives, les fructifications du champignon apparaissent, d'abord comme des masses nues de spores d'été (conidies), ensuite comme une paroi rouge et épaisse du périthèce enfermant les spores d'hiver (ascospores). Les conidies sont dispersées par l'action combineé de la pluie et du vent; les ascospores sont lancées à une distance de 3 cm et disséminées par le vent. Le chevauchement dans la production des deux formes de spores maintient un réservoir de virus tout le long de l'année.

Il est possible de combattre la maladie argentée des feuilles en recouvrant individuellement les blessures et les coupes dues à l'élagage avec une peinture protectrice, mais il est impossible d'appliquer un tel traitement aux portes d'entrée innombrables et microscopiques du chancre fongique. On a pu conférer aux cicatrices des feuilles des jeunes arbres une protection limitée en les pulvérisant pendant l'automne et le printemps avec un fongicide contenant du cuivre, mais les méthodes les plus prometteuses pour arrêter le chancre semblent être celles qui consistent à renforcer les mécanismes de défense naturelle de l'arbre. La gamme des susceptibilités suivant les variétés est très étendue. Les pommiers de la variété « Bramley's Seedling » par exemple, ne seront pour ainsi dire pas infestés là où des arbres de « James Grieve » seront rapidement tués. Cette résistance inhérente à la variété peut être modifiée par l'habitat: les arbres poussant sur des sols lourds argileux ou sur ceux fertilisés par une grande quantité d'engrais azotés sont spécialement enclins au chancre. La quantité d'azote du sol entourant l'arbre est justiciable d'un contrôle, et un moyen pratique pour limiter les attaques du chancre est souvent de semer du gazon sur la plantation de pommiers.

MALADIES DES FEUILLES ET DES FRUITS

L'apparition du stade de reproduction chez les champignons marque souvent l'interruption de la phase d'accroissement végétatif. Dans les espèces qui infestent le bois, l'accroissement végétatif peut être prolongé longtemps et comme conséquence le parasite gagne relativement doucement d'arbre à arbre. Au contraire un champignon s'attaquant au feuillage épuisant rapidement les ressources limitées d'une seule feuille commence à produire des spores après une période végétative très brève. Ces spores répandent l'infestation sur les autres feuilles du même hôte fournissant les moyens d'une multiplication extensive en un seul été.

Le parasitisme des champignons des feuilles est beaucoup moins sporadique que celui des maladies du bois. Habituellement, dans les plantations commerciales d'arbres fruitiers, c'est une offensive annuelle qui doit être combattue par des traitements protecteurs périodiques. En l'absence de ces mesures, des irruptions de maladies épidémiques sont inévitables.

Le « mildiou américain » du groseillier, causé par *Sphaerotheca mors-uvae* fournit un exemple du développement d'une telle épidémie. Ce parasite important a atteint l'Irlande en 1900 et l'Angleterre vers 1906. Il forme sur les feuilles une couche feutrée de mycélium, avec en dessous des haustoria pénétrant les cellules épidermiques et au-dessus des chaînes de spores. Plus tard les fruits et l'extrémité des pousses sont également défigurés, la couche fongique noircissant avec l'âge (figure 4). Dans cette couche mycélienne à la pointe des pousses il se produit des périthèces qui persistent pendant tout l'hiver et qui donnent naissance aux ascospores responsables du renouveau de l'infestation au printemps.

Le mildiou a été définitivement freiné par l'utilisation de thérapeutiques chimiques. Il y a une difficulté fondamentale dans l'utilisation de substances toxiques pour les champignons lorsqu'ils s'attaquent aux plantes supérieures: c'est que le champignon est lui-même une plante et par conséquent la différence entre le niveau de toxicité entre l'hôte et le parasite est souvent faible. Il n'est généralement pas possible de tuer un champignon une fois qu'il est dans le tissu d'une plante, mais en appliquant un fongicide à l'extérieur d'une plante on peut empêcher l'entrée du parasite. Un fongicide protecteur pour usage externe dans un climat humide doit, de toute nécessité être parfaitement insoluble, mais la germination de la spore qui se trouve sur la surface traitée est inhibée par les produits solubles résultant de la réaction entre la substance prophylactique et la spore.

Les fongicides utilisés pour les groseilliers sont généralement du soufre ou des polysulfures. Une complication résulte des réactions entre le feuillage des groseilliers et le soufre qui peuvent survenir quelquefois avec un effet nocif pour les plantes. Certaines variétés de choix perdent immédiatement leur feuillage au contact du soutre sous toutes ses formes, mais le mécanisme de ce phénomène demeure obscur.

La maladie cryptogamique qui a la plus grande importance dans la culture des fruits britanniques est celle de la tavelure des pommiers due au champignon *Venturia inaequalis*. Elle se manifeste en été par des taches poudreuses foncées sur

les feuilles et les fruits (figure 5). Ces taches ne sont que superficielles; le champignon s'étend sous la cuticule mais ne pénètre pas les cellules épidermiques. Cependant, lorsqu'à la fin de l'été l'infestation atteint les jeunes pousses vertes, la structure morphologique de la lésion est profondément affectée par le développement du périderme. Lorsque la formation normale de phelloderme commence, *Venturia inaequalis* devient un parasite plus actif et envahit le méristème des cellules épidermiques (figure 6). Pendant ce temps l'épiderme sain environnant est remplacé par le périderme et il arrive un stade auquel l'accroissement du parasite est circonscrit par une couche extérieure de liège nouvellement formée (figure 7). En dessous de ces cellules de liège la couche mince de phelloderme reste active et en envahissant ce tissu le champignon continue à croître. Donc l'infestation s'établit sous la protection de l'écorce (figure 8).

Venturia inaequalis croît même à 5° C et est capable de construire durant l'hiver un stroma annulaire sous l'écorce entourant la lésion originale. L'épaississement de ce stroma rompt l'écorce au printemps, découvrant une couche portant des spores immédiatement en dessous (figure 9).

Les spores du champignon de la tavelure des pommiers ne sont pas dispersées par vent sec, mais la pluie les détache du stroma et elles sont disséminées par les gouttes d'eau poussées par le vent. Si une spore se loge sur une feuille de pommiers qui n'a pas été traitée avec fongicide et y reste humide approximativement six heures, elle germe et envoie un filament infectieux directement dans la cuticule. En l'espace de trois semaines la lésion de la feuille peut produire des spores qui infesteront d'autres feuilles, puis le fruit et éventuellement les jeunes pousses de l'année. Ce cycle n'est pas le seul mode de reproduction du champignon: il persiste pendant l'hiver dans les feuilles tombées où il produit des ascospores qui sont disséminées dans l'air pendant les périodes humides du printemps.

La pluie est indispensable à l'installation et la dissémination du champignon de la tavelure: dans certaines régions très pluvieuses de la Grande-Bretagne le développement de la maladie est tellement favorisé que la production commerciale de pommes devient impossible. Ailleurs la tavelure est combattue par des pulvérisations utilisant les mêmes principes de protection de la feuille et du fruit que pour le mildiou des groseilles. Chez les pommiers, la période qui s'étend entre le bourgeonnement et la maturité du fruit est beaucoup plus longue que sur les groseilliers et la période de pulvérisation en est prolongée proportionnellement. Si on pulvérise entièrement les organes d'un arbre susceptibles d'être infestés au début de l'été, l'éclosion de nouvelles feuilles fournira rapidement d'autres surfaces non protégées et sujettes à l'infestation pendant les périodes humides. Il n'y a que si l'on pouvait prévoir les chutes de pluie d'une façon certaine au moins vingt-quatre heures à l'avance que l'on pourrait faire les pulvérisations au moment optima. Avec le climat de l'Angleterre, il faut trouver d'autres bases pour le choix des dates. Le plus grand danger d'infestation par la tavelure se manifeste d'abord dans le mois qui précède la floraison quand les faisceaux de fleurs et les feuilles adjacentes s'épanouissent, et, deuxièmement quand les pétales tombent et que les nouvelles pousses et les jeunes fruits se développent rapidement. Il est normalement nécessaire, pour combattre l'infestation avec succès de faire trois ou quatre pulvérisations de fongicide couvrant l'intervalle compris entre la mi-avril et la fin juin.

Le fongicide généralement utilisé est du sulfure de chaux (soufre dissous dans un mélange de polysulfures de calcium) appliqué par pulvérisation d'une solution faiblement aqueuse (1–3%). En général, l'écoulement naturel du surplus de liquide pulvérisé sur les feuilles préserve du danger d'un dépôt excessif. Comme cette méthode implique l'utilisation d'au moins 3,7 tonnes d'eau par hectare pour chaque pulvérisation, on a essayé de remplacer les pulvérisations en milieu aqueux par l'emploi d'aérosols fongicides. Une telle méthode, par souffle d'air ne posséderait pas en elle-même de sauvegarde contre un dépôt excessif et son utilisation dépend de l'adoption de fongicides moins toxiques pour les plantes que le sulfure de calcium. On pourrait donc trouver un produit satisfaisant parmi les nombreux fongicides organiques récemment découverts.

L'adoption d'aérosols demanderait de nouvelles modifications dans l'espacement des plantations d'arbres déjà modifié pendant les vingt-cinq dernières années par les nécessités des méthodes habituelles de pulvérisation. Le choix des variétés dans une plantation d'arbres fruitiers de grande envergure a longtemps été limité à celles pour lesquelles on peut freiner l'envahissement par les parasites. La nécessité d'arrêter l'expansion des maladies cryptogamiques, ajoutée à celle de freiner les fléaux dûs aux insectes est le seul facteur important dans la détermination des frais annuels d'une plantation commerciale et exerce maintenant une profonde influence sur toute la répartition de la production des fruits.

Vues modernes sur la chimie des parfums

R. W. MONCRIEFF

La précision de plus en plus grande des connaissances a amené bien des arts empiriques dans les rangs de la science appliquée. Cette métamorphose est actuellement en voie dans la parfumerie. Jusqu'à une époque relativement récente tous les parfums provenaient de sources naturelles et quelques familles étaient les gardiennes jalouses du secret de leur extraction et de leur mélange. De nos jours la chimie tente de pénétrer dans les secrets des odeurs par l'analyse et la synthèse des parfums fournis par la Nature.

La majeure partie d'un parfum, tel qu'il est livré au commerce, prêt à l'emploi, est constituée par un dissolvant. Les substances fortement odorantes sont généralement peu solubles dans l'eau mais le sont aisément dans les liquides gras, ainsi que dans certains autres solvants organiques, ce qui s'explique facilement puisque la substance odorante doit être soluble dans les tissus gras ou lipoïdiques qui se trouvent dans la scissure de la partie supérieure du nez, afin de pouvoir exciter l'odorat. Les substances fortement odorantes employées en parfumerie ne sont évidemment pas appliquées à l'état liquide à l'intérieur du nez; elles sont toujours volatiles et pénètrent sous forme de particules ou de gouttelettes dans l'orifice nasal de ceux qui se trouvent à proximité, leur procurant une sensation olfactive. Les substances employées en parfumerie ont des odeurs si puissantes qu'on doit les diluer de façon très considérable pour en faire des parfums; le produit autrefois employé comme solvant était l'huile d'olive. Les parfums à base d'huile d'olive sont désignés sous le nom d'*huiles antiques*. L'huile d'olive convient dans ce cas parce qu'elle est un bon solvant de bien des substances fortement odorantes, en particulier des huiles essentielles florales naturelles, et ne possède elle-même qu'une odeur douce. Elle a été remplacée néanmoins dans son rôle de solvant de parfum par l'alcool éthylique qui présente les avantages suivants:

1. Il est incolore et le parfumeur peut ainsi donner à son produit la teinte qu'il désire.
2. Il est complètement volatile, sans résidu et peut donc être appliqué sur les vêtements.
3. Son odeur est agréable et stimulante, tout en n'étant pas assez forte pour affecter celle du parfum.
4. Dans le cas de certaines matières employées en parfumerie, il est un meilleur dissolvant que l'huile d'olive.
5. Il n'est pas susceptible à la turbidité en se refroidissant comme l'est l'huile d'olive.

Il faut ajouter que l'emploi de cette huile dans l'industrie des parfums serait plus que probablement interdite à l'époque actuelle étant donné la pénurie mondiale en matières grasses alimentaires.

On a également fait grand emploi dans les dernières années d'alcool isopropylique, depuis que ce produit est en abondance sur le marché. Il présente l'avantage de ne pas être soumis à la taxe. Malheureusement son odeur est beaucoup plus sensible que celle de l'alcool éthylique et beaucoup moins agréable, ce qui limite son emploi aux parfums moins coûteux, en particulier aux eaux de Cologne bon marché.

MATIÈRES PREMIÈRES D'ORIGINE ANIMALE

Aussi loin que l'on puisse remonter dans l'histoire de la parfumerie, on voit le rôle important qu'y ont joué certains produits des fonctions sexuelles animales, en particulier le musc et la civette. Le musc mâle, ou porte-musc, *Moschus moschiferus*, animal nocturne inoffensif habitant les buissons de rhododendrons de l'Himalaya, porte à l'avant du ventre un sac de la grosseur d'une orange environ, qui se remplit d'une substance ayant à peu près la consistance du pain d'épice humide. On tue l'animal, le sac est enlevé et séché (au soleil probablement) et le contenu est vendu sous le nom de musc en vessie ou en poche. Le rôle naturel de cette substance fortement odorante est de signaler le mâle à la femelle.

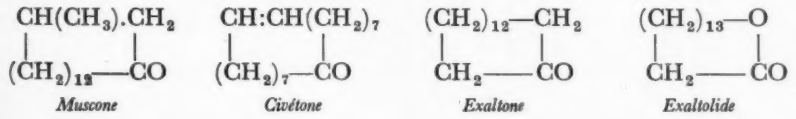
La civette provient de l'animal de ce nom *Viverra civetta*. Les spécimens des deux sexes présentent une sécrétion glandulaire au voisinage des

organes génitaux. Comme il est possible de recueillir le produit sans faire de mal aux animaux ceux-ci sont gardés en cage et l'on stimule, paraît-il, la production de civette en les excitant. La civette a une odeur partiellement musquée mais en même temps d'une répugnance fécale; il est donc remarquable qu'en solutions alcooliques extrêmement diluées elle ait une odeur agréable.

Ruzicka parvint en 1926 à isoler le constituant odorant essentiel du musc naturel: c'est une cétone à laquelle on a attribué le nom de muscone. Ruzicka put en déterminer la structure: c'est le 3-méthyl cyclopentadécanone. Ceci constituait une découverte importante car on avait considéré jusqu'alors les anneaux carbonés de cette taille comme très instables. On croyait que la stabilité de ces anneaux diminuait au fur et à mesure que le nombre d'atomes de carbone augmentait. Ruzicka, cependant, découvrit que la muscone comportait un anneau de 15 atomes. De plus, il en fit plus tard la synthèse. Portant ses recherches sur la civette, Ruzicka isola son constituant odorant essentiel, une autre cétone qu'il nomma civétone et qu'il identifia comme étant la Δ^9-cycloheptadécénone, comportant donc dix-sept atomes de carbone dans l'anneau.

PRODUITS SYNTHÉTIQUES MACROCYCLIQUES

Ruzicka ayant ouvert la voie grâce à ses recherches magistraux et ayant identifié et réalisé la synthèse des deux produits les plus anciennement connus et appréciés en parfumerie, on vit bientôt apparaître un grand nombre de produits de synthèse rappelant la muscone et la civetone par leur structure générale, mais qui n'existent pas dans la nature. On trouve sur le marché deux produits remarquables par leur belle odeur musquée: l'Exaltone, qui est la cyclopentadécanone, cétone cyclique dont l'anneau comprend quinze atomes pe carbone, et l'Exaltolide, qui est la pentadécanolactone, anhydride interne de l'acide ω-hydroxypentadécanoïque. Les formules structurales de ces corps montrent leur ressemblance frappante avec les produits naturels muscone et civétone:



Muscone *Civétone* *Exaltone* *Exaltolide*

Au cours des années qui suivirent les découvertes intéressantes de Ruzicka, beaucoup d'autres produits macrocycliques furent obtenus synthétiquement ou découverts dans des produits naturels tels que l'essence de racine d'angélique, mais ce furent Hill et Carothers, célèbres par leurs travaux sur le nylon, qui effectuèrent par la suite les progrès les plus importants. Ils étudièrent l'influence de la taille de l'anneau sur l'odeur des cétones, des lactones, des anhydrides et des carbonates macrocycliques. Parmi ces corps, les cétones et les lactones présentent les odeurs les plus fines et les plus utilisables et il est profitable de noter de quelle façon l'odeur change avec l'accroissement de la taille de l'anneau. Le tableau suivant le met en évidence:

Nombre total d'atomes dans l'anneau (carbone et oxygène)	*Cétone* $(CH_2)_n$—CO	*Lactone* $(CH_2)_n$—O—CO
5 ..	Amandes amères, menthol	Fruitée
6 ..	Amandes amères, menthol	Faible
7 ..	Fugace	Légèrement poivrée, florale
8 ..	Fugace	—
9–12	Camphrée	—
13 ..	Bois de cèdre et musqué par dilution	—
14 ..	Musc	Musc
15 ..	Pin musqué	Ambre gris
16 ..	Fugace	Musc
17 ..	Civette	Civette
18 ..	Civette faible	Faible
19 ..	Faible	—

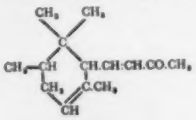
Il apparaît clairement que l'odeur musquée atteint une maximum pour 15 à 16 atomes de carbone dans l'anneau. Carothers réussit à préparer plusieurs esters macrocycliques et, dans leur cas également, les produits à anneau comportant 15 atomes, tels l'oxalate d'undécaméthylène et l'undécanedicarboxylate d'éthylène, présentaient une odeur rappelant celle du musc.

Ces recherches ont permis au parfumeur de préparer les constituants actifs du musc et de la civette à l'état pur, tandis que ces produits ne contiennent normalement que 1 à 2% de cétone active, ce qui devrait rendre inutile la destruction du musc.

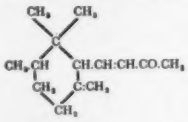
PARFUMS DE VIOLETTE

On a toujours beaucoup apprécié le parfum de

la violette, en partie, peut-être, à cause de sa fugacité. Nous respirons doucement leur parfum et sommes ravis; mais plongeons notre nez dans un bouquet et l'odeur a disparu. Rimmel qui a classé les odeurs agréables suivant une similitude empirique, a placé dans le même groupe la racine d'iris, la cassia, le réséda et la violette. On trouve en effet le parfum de la violette dans la racine d'iris, et, étant donné l'extrême difficulté que l'on a à obtenir une quantité appréciable d'essence à partir de la fleur de violette, Tiemann et Krüger, en 1893, isolèrent le principe odorant actif de la racine d'iris, c'est-à-dire du rhizome séché de l'*iris florentina*. L'irone, qui en est le principe actif, est une cétone, et, bien que l'on connaisse depuis longtemps sa constitution générale, il y avait encore jusqu'à tout dernièrement des incertitudes quant à sa structure exacte. Il est curieux de voir que dans le numéro d'Octobre 1947 de *Helvetica Chimica Acta*, ont paru simultanément une communication de Ruzicka, écrite en collaboration avec quelques chimistes de Firmenich et Cie. (anciennement Chuit Naef et Cie.), décrivant une synthèse de l'irone, et une autre, ayant pour auteurs Naves et ses collaborateurs de chez L. Givaudan et Cie., portant sur la même synthèse, effectuée de façon très similaire. On a montré que l'irone, à laquelle on avait attribué un anneau à 7 atomes de carbone présente en réalité l'anneau plus habituel de 6 atomes de carbone. Le synthèse de deux isomères, l'α-irone et la γ-irone a été réalisée et ces corps ont les constitutions suivantes:

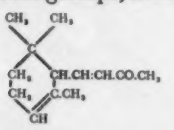


α-irone

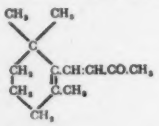


γ-irone

Grâce à la réalisation de la synthèse de l'irone, on peut l'employer maintenant sur une beaucoup plus grande échelle pour composer des parfums à base de violette, mais d'autre part on a réussi à préparer et à faire usage de beaucoup d'autres produits intéressants à odeur de violette mais de nuances variées. Tiemann et Krüger arrivèrent très près de la synthèse de l'irone lorsqu'ils tentèrent de la préparer à partir de citral et d'acétone. En fait, ils obtinrent des ionones dont la constitution, connue depuis longtemps, se rapproche de celle de l'irone:



α-ionone



β-ionone

Les ionones ont des parfums de violette, l'α-ionone a une odeur douce, comparable à celle de la racine d'iris, et la β-ionone se rapproche davantage de la violette naturelle. Presque tous les parfums de violette, les parfums bon marché en particulier, contiennent des ionones. Ceux de meilleur qualité contiennent également une trace d'essence de feuille de violette véritable dont le constituant actif est le 2:6-nonadiénal, une aldéhyde non saturée à chaîne droite.

Le composé caractéristique, faisant partie d'une série d'esters acétyléniques particulièrement intéressante, et découvert par Moureu et Delange est 'heptine-carboxylate de méthyle,

$$C_5H_{11}.C\vdots\ C.COOCH_3$$

qui, convenablement dilué, présente un parfum fin et persistant de violette, mais dont l'odeur, à l'état concentré, est forte, piquante, pénétrante et désagréable.

Une autre substance qui présente de façon imprévue un parfum de violette est la γ-propyl-pyridine. Si l'on considère que la pyridine elle-même a une odeur fétide et désagréable, on peut illustrer ainsi la difficulté qu'il y a à établir une corrélation entre l'odeur et la constitution chimique. L'α-propyl-pyridine qui possède une odeur florale, sans ressemblance particulière avec la violette, constitue un nouvel exemple à l'appui de cette constatation.

ACÉTALS ET CÉTALS

Les aldéhydes constituent l'une des classes les plus importantes de composé employés en parfumerie. Pour n'en citer que quelques-uns, mentionnons l'α-amyl cinnamaldéhyde, connue sous le nom d'aldéhyde du jasmin, le pipéronal et son odeur de cerise, l'aldéhyde anisique ou aubépine, la vanilline, l'hydroxycitronellal, composé synthétique intéressant dans lequel prédomine l'hydrate de citronellal et qui a une fine odeur de muguet. L'aldéhyde laurique, tirée de l'huile de noix de coco, possède une note aiguë si puissante qu'elle entre dans la composition de presque tous les parfums du type parfum français, seulement sous forme de traces, pour leur donner leur note caractéristique. Le groupe des aldéhydes présente de si brillantes qualités osmophoriques que l'on pourrait se demander pourquoi en parfumerie on convertit les aldéhydes généralement en acétals. L'explication en est que les aldéhydes sont instables, sujettes à l'oxydation de l'air et peuvent se polymériser. Les acétals ont généralement un point d'ébullition supérieur à celui de l'aldéhyde

correspondant et cela les rend plus persistants comme pour parfums; ils sont également beaucoup plus stables. La préparation d'un acétal consiste à protéger le groupe aldéhydique par réaction avec un alcool:

$$\underset{\textit{aldéhyde}}{RCHO} + \underset{\textit{alcool}}{2EtOH} \rightarrow \underset{\textit{acétal}}{RCH(OEt)_2} + H_2O$$

On peut également obtenir des semi-acétals suivant la réaction

$$\underset{\textit{aldéhyde}}{RCHO} + \underset{\textit{alcool}}{EtOH} \rightarrow \underset{\textit{semi-acétal}}{RCH\begin{matrix}OEt\\OH\end{matrix}}$$

Pour illustrer leurs emplois prenons l'exemple de la *p*-isopropyl α-méthyle-hydrocinnamaldéhyde qui a une puissante odeur florale rappelant celle du cyclamen, mais qui s'oxyde sous l'influence de l'air à la proportion de deux-tiers en douze jours et dont l'odeur devient alors faible et aigre. Lorsque l'aldéhyde est transformée en semi-acétal, le parfum est conservé et ne s'altère pas de façon appréciable par exposition à l'air.

D'une manière semblable on peut préparer les cétals à partir de cétones et d'un alcool. On trouve parmi ces acétals et cétals des produits très intéressants pour la parfumerie, en particulier lorsque les alcools employés sont des glycols. Les combinaisons suivantes illustrent bien la variété d'odeurs que l'on peut obtenir, et il ne faut pas oublier qu'il reste encore beaucoup à explorer dans ce champ probablement très fertile.

Aldéhyde ou cétone	*Alcool*	*Parfum de l'acétal ou du cétal*
Phényl acétaldéhyde	Ethylène glycol	Rose
Phényl acétaldéhyde	1, 2-Dihydroxy-butane	Jacinthe
Phényl acétaldéhyde	2, 4-Dihydroxy-4-méthyle-pentane	Réséda
Heptaldéhyde	Glycérol	Champignon
Aldéhyde hydra-tropique	Ethylène glycol	Fine odeur de terre et de champignon
Aldéhyde hydra-tropique	2, 4-Dihydroxy-4-méthyle pentane	Herbe et réséda
Cinnamaldé-hyde	Ethylène glycol	Agréable, rappe-lant l'essence de cannelle
Di-*iso*propyl-cétone	Catéchol	Géranium-rose
Di-*iso*butyl-cétone	Catéchol	Miel
Méthyl-amyl-cétone	Catéchol	Jasmin

LE RÔLE DU CHIMISTE EN PARFUMERIE

Le chimiste a isolé les principes odorants des matières premières naturelles et les a produits sous forme concentrée et pure, libres de tous constituants désagréables. Dans bien des cas, il en a réalisé la synthèse et les fabrique à des prix abordables. Il a montré qu'en dehors du constituant principal d'une essence, des traces de produits plus complexes peuvent donner une note fraîche, telle que, par exemple, l'odeur de feuille verte.

Revue des livres

LA CHIMIE EN 1947

Annual Reports on the Progress of Chemistry for 1947. Vol. XLIV *Pp.* 327. *The Chemical Society, Londres.* 1948. 20*s. net.*

La *Chemical Society* a depuis 1904 rendu grand service aux chimistes par la publication de ses Compte-rendus annuels. Il y a deux ans environ elle tenta quelque chose de nouveau: les Rapports trimestriels, dans l'espoir de permettre aux chimistes de se tenir à jour. Certains milieux pensèrent qu'avec des Rapports trimestriels, il n'y avait plus besoin de compte-rendus annuels. En fait il y a place pour les deux comme le prouve clairement le contenu du volume qui nous occupe en ce moment.

Dans la partie consacrée à la Chimie générale et à la Chimie physique on trouve d'excellents articles sur la cinétique des transformations aux électrodes, sur les spectres ultra-violets extrêmes et sujets qui en découlent. Les questions traitées, sous le titre Chimie minérale nous rappellent que cette science est en train d'évoluer et de passer de la description et des préparations à l'étude de la valence, de la structure et des mécanismes de réactions. Les travaux récents sur les composés organiques du fluor et les progrès réalisés depuis peu en chimie aromatique sont traités dans la partie réservée à la chimie organique. Les recherches modernes sur les terpènes y figurent ainsi que les développements nouveaux apportés dans le champ des stéroïdes. Les résultats d'intérêt chimique et biologique de premier ordre sont résumés dans un exposé sur les acides marrianolique et doïsynolique.

Dans les trente-huit pages consacrées à la chimie biologique se trouvent des sujets qui, malgré leur importance, n'ont pas reçu ailleurs une attention suffisante. Un rôle important du présent volume est ainsi souligné. En fin, une série d'articles intéressants, sous le titre général de Chimie analytique, complète une publication que l'on souhaiterait voir entre les mains de tout chimiste.

W. WARDLAW

HISTOIRE DE L'ALCHIMIE

Ambix: The Journal of the Society for the Study of Alchemy and Early Chemistry, *rédigé par F. Sherwood Taylor. Vol. III, Nos.* 1 *et* 2. *Pp.* 67. *Taylor and Francis Limited, Londres.* 1948. 48*s. net.*

La *Society for the Study of Alchemy and Early Chemistry* a comme but l'étude scientifique et historique des sujets de son titre. Des réunions ont lieu pour la lecture d'articles ou pour des discussions. Les membres de la société reçoivent le journal *Ambix* gratuitement. Le numéro actuel d'*Ambix* contient des articles sur les « *Chemical and Technological References in Plutarch* », par E. O. von Lippmann, « *Rhetorical and Religious Aspects of Greek Alchemy* », par C. A. Browne, « Le Livre de la Très Sainte Trinité », par D. I. Duveen, « *The Chemical Work of Paracelsus* », par T. P. Sherlock, et un recensement du livre de C. G. Jung, « *Psychologie und Alchemie* », par G. Heym. L'article sur Plutarque évoquera à de nombreux lecteurs d'ENDEAVOUR le souvenir chaleureux d'Edmund von Lippmann dont la mort en 1941 priva le monde érudit d'un savant génial et accompli; von Lippmann était toujours prêt à mettre son vaste trésor de connaissances à la disposition d'autres chercheurs et se montrait d'une modestie charmante à l'envers de ses propres travaux. Son livre *Die Entstehung und Ausbreitung der Alchemie* restera longtemps d'une valeur incomparable pour tous les historiens véritables de la chimie à ses débuts. L'article de Sherlock est également, à notre grand regret, posthume; il soutient l'opinion de Darmstädter selon laquelle Paracelse ne doit pas être regardé comme le libérateur de la chimie des chaînes de l'alchimie ou comme un expérimentateur moderne, mais que sa véritable contribution au progrès de la chimie réside dans l'impulsion nouvelle qu'il donna à ses activités en conséquence de ses croyances philosophiques. Sherlock croyait cependant (et beaucoup le croient aussi) qu'il reste un doute sur la systématisation de la philosophie de Paracelse telle que Darmstädter lui attribue. Paracelse rendit sans doute un grand service au monde en lui présentant pour la première fois quelque chose ressemblant à un système chimique, élargissant l'envergure de cette science jusqu'aux opérations finales par lesquelles l'homme modifie les matériaux autour de lui.

La *Society for the Study of Alchemy and Early Chemistry* mérite d'être félicitée pour le travail de grande valeur qu'elle effectue et de recevoir le soutien actif de tous ceux qui s'intéressent à l'histoire de la science.

LES CAUSES DE LA FLORAISON

Vernalization and Photoperiodism, a Symposium, *par A. E. Murneek et R. O. Whyte et treize collaborateurs. Pp. viii* + 196, *avec* 12 *planches et* 26 *figures. Chronica Botanica Co. Waltham, Mass.* 1948. 25*s. net.*

Les phénomènes de la vernalisation et du photopériodisme furent décrits pour la première fois avec précision à quelques mois d'intervalle, il y a environ trente ans. Un travail important a été effectué depuis sur ces deux phénomènes mais on ne les comprend encore qu'imparfaitement. Pendant la guerre des botanistes expérimentèrent indépendamment sur les causes de la floraison aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne, en Allemagne, Belgique et dans l'Union Soviétique; quand le courant d'échange scientifique reprit entre ces divers pays, il apparut que de grands progrès avaient été faits et que des conclusions similaires avaient été atteintes par des hommes ignorant mutuellement leurs travaux respectifs.

Ce recueil d'articles que nous devons à l'énergie et à l'esprit d'initiative du Dr Verdoon, de la Chronica Botanica Press, rassemble les résultats de quelques travaux récents et les met en contraste avec ceux des trente dernières années. On compte des chapitres sur l'histoire de la vernalisation et du photopériodisme (où il apparaît que tous deux furent pressentis il y a presque un siècle), K. C. Hamner traite des hormones par rapport à la production des fleurs; H. A. Borthwick des effets de radiations de différentes longueurs d'onde; R. H. Roberts des changements anatomiques liés à la floraison; F. W. Went de la thermopériodicité; A. Lang de la génétique du photopériodisme et E. Bünning présente une esquisse brève mais incomplète de sa théorie captivante des rythmes endogènes.

Comme toutes les œuvres collectives, celle-ci se fait remarquer par le mutisme de certaines autorités en la matière et par la loquacité, si l'on peut dire, de certaines autres. On regrette que F. G. Gregory n'ait pas été amené à écrire sur la vernalisation et R. Harder sur son étude de *Kalanchoë*. Le livre représente un niveau elevé d'exactitude bien qu'on soit déçu de n'y voir que quatre illustrations accordées à T. D. Lysenko et un certain nombre de références insuffisamment documentées dans le texte réservé à son travail. E. ASHBY

CRISTALLOGRAPHIE PAR LES RAYONS X

Fourier Technique in X-ray Organic Structure Analysis, *par A. D. Booth. Pp.* 106, *avec plusieurs illustrations en demi-teintes et figures. Cambridge University Press.* 1948. 12*s.* 6*d. net.*

On entrevit il y a environ vingt-cinq ans la possibilité de remanier la configuration atomique des solides en intégrant les intensités diverses des faisceaux de rayons X diffractés dans une sommation de Fourier. De grands progrès ont été réalisés depuis, tant en ce qui concerne les principes fondamentaux de la méthode que la technique de calcul. Nombreuses sont les publications qui rendent compte de ces progrès parmi des journaux divers; l'auteur a condensé en une centaine de pages une revue assez complète de la littérature fournissant ainsi le premier compte-rendu global des méthodes connues. Des apports de valeur faits par l'auteur lui-même qui a étudié longuement la question, sont inclus.

Il laisse la description de la méthode de production et de mesure des faisceaux diffractés de rayons X aux nombreux compte-rendus existants sur le sujet et après un bref exposé de la dispersion des rayons X par le corps cristallin, le présent volume est entièrement consacré à l'utilisation des valeurs obtenues après corrections nécessaires.

Les principes et les limitations de toutes les représentations Fourier possibles s'y trouvent discutés et de simples exemples numériques sont donnés afin de permettre au lecteur de suivre plus aisément. La description des méthodes et des machines nécessaires aux calculs ardus que cela entraîne occupe presque la moitié du livre; cette partie de l'ouvrage encouragera grandement ceux auxquels les difficultés d'une telle entreprise semblaient au premier abord insurmontables. L'ouvrage insiste tout au long sur l'importance de l'exactitude avec laquelle la position atomique peut-être « fixée » au sein de la structure.

On suppose naturellement chez le lecteur une connaissance fondamentale de la cristallographie géométrique et de la théorie des groupes spatiaux, point qui peut présenter quelque difficulté à l'étudiant d'autres terrains scientifiques. Les diagrammes sont bien présentés et le livre est suffisamment annoté.

H. F. KAY